

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Автоматики и управления»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
д.т.н., профессор
_____/ Л.С. Казаринов
« ____ » _____ 2020 г.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ КРОНШТЕЙНОВ ЗЕРКАЛА
ОТВАЛА МАШИНЫ ТМ10 ГСТ12 НА РОБОТЕ FANUC

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 270304.2020.382 ПЗ ВКР

Руководитель работы
к.т.н., доцент кафедры «АиУ»
_____/ О.О. Павловская
« ____ » _____ 2020 г.

Автор работы
студент группы КЭ-417
_____/ А.А. Каркачев
« ____ » _____ 2020 г.

Нормоконтролер
д.т.н., профессор
_____/ Т.А. Барбасова
« ____ » _____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Каркачев А.А. Автоматизация процесса сварки кронштейнов зеркала отвала машины ТМ10 ГСТ12 на работе FANUC: ЮУрГУ (НИУ), ВШЭКН; 2020, 88 с. 51 ил., библиогр. список - 74 наим., 2 прил., 4 листа чертежей ф. А3.

Выпускная квалификационная работа посвящена автоматизации процесса сварки конструкции ТМ10.5219.010 СБ, СП «Зеркало отвала» бульдозера ТМ10 ГСТ12 путем разработки и отладки комплекса управляющих программ для сварочного робота «FANUC» серии «M-10iA/8L». В данной программе реализованы сварочные прихватки и сварочные швы на ряде смежных деталей, используемых в конструкции зеркала отвала.

Описание предметной области разработки потребовало освоения таких разделов, как конструкция навесного оборудования ТМ10.5219.010 СБ, СП «Зеркало» в составе конструкции гусеничного трактора ТМ10 ГСТ12, конструкция используемого в реализации комплекса программ сварочного робота «FANUC» серии «M-10iA/8L».

Согласно технологическому чертежам деталей ТМ.10.5219.080 СБ «Кронштейн» и ТМ.10.5219.020 СБ «Кронштейн» конструкции зеркала отвала составлены траектории движения варочной головки робота-манипулятора, а также в среде ROBOGUIDE написаны программы для контроллера системы автоматизации РТК FANUC.

Пояснительная записка к работе выполнена в текстовом редакторе MS Word 2016.

					<i>270304.2020.382 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Автоматизация процесса сварки кронштейнов зеркала отвала машины ТМ10 ГСТ 12 на работе FANUC</i>	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Каркачев А.А.</i>						
<i>Пров.</i>		<i>Павловская О.О.</i>					<i>3</i>	<i>88</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>Барбасов Т.А.</i>				<i>ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Кафедра АиУ</i>		
<i>Утверд.</i>		<i>Казаринов Л.С.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ РАЗРАБОТКИ.....	11
1.1 Конструкция гусеничного трактора ТМ 10 ГСТ 12 и его бульдозерное оборудование	11
1.2 Технология изготовления отвала ТМ 10 ГСТ 12	22
1.3 Конструкция и схема автоматизации робота FANUC M-10iA/8L.....	32
2 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ РОБОТА FANUC M– 10iA/8L	41
2.1 Среда программирования контроллера R30iB системы автоматизации робота FANUC M–10iA/8L.....	41
2.2 Разработка траектории движения манипулятора согласно чертежу детали.....	42
2.3 Разработка и реализация в среде ROBOGUIDE алгоритма совместного управления позиционером и движением сварочного робота.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	65
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А	71
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	76

									<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>270304.2020.382 ПЗ</i>				<i>6</i>

ВВЕДЕНИЕ

В машиностроительной отрасли с каждым годом усиливается зависимость уровня конкурентоспособности предприятия от степени автоматизации производственных процессов. И это закономерно, ведь технологический процесс производства оборудования и машин включает в себя множество технологических операций по производству десятков – сотен различных деталей и комплектующих. При этом на машиностроительных предприятиях тяжелые условия труда (большая нагрузка, шум, загрязненный воздух и т. п.), а работа однообразна. Поэтому машиностроительная отрасль промышленности идеально подходит для применения роботов.

Роботы-сварщики, паллетайзеры, упаковщики, успешно работают на современных производствах, успешно заменяя людей там, где человеку работать сложно или опасно, там, где требуется однообразный монотонный труд, или предъявляются повышенные требования к санитарии и гигиене производства. Роботизированные сборочные комплексы могут в разы повысить производительность линии, не уставая и не совершая ошибок вследствие «человеческого фактора».

Ранее при оценке целесообразности использования роботов и автоматизации технологических процессов особое внимание уделялось объемам производства. Считалось, что для успеха автоматизации необходимы огромные объемы производства. Ведь автоматизация требует капитальных вложений, которые должны амортизироваться за счет снижения себестоимости каждой единицы выпускаемой продукции. Однако сегодня для этого не надо выпускать в громадных количествах абсолютно одинаковые изделия, поскольку на предприятиях сейчас используется так называемое «оборудование гибкой автоматизации» – роботы [1].

В настоящее время до половины всех промышленных роботов в мире – роботы для сварки. Это не удивительно, так как процесс сварки идеально приспособлен для автоматизации: это ряд многократно повторяющихся од-

					<i>270304.2020.382 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		7

нотипных движений по заранее определенной траектории: прямой, кольцу, кругу и заданной кривой.

Преимущества робота для сварки:

- высокая производительность (рост производительности сварочных работ достигает 60-80%);
- уменьшение числа сварщиков (один сварочный робот заменяет собой от 2-х до 4-х сварщиков);
- применение роботов для сварки обеспечивает значительную экономию энергии и расходных материалов за счет минимизации брака продукции;
- стабильно высокое качество сварочных швов;
- строгое выполнение техники безопасности (место работы оператора удалено от места сварки на безопасное расстояние).

Несмотря на то, что роботизированные комплексы, поставляемые на предприятия, оснащены специализированным программным обеспечением, для стабильной и качественной работы роботизированного оборудования на конкретном рабочем участке требуется внесение изменений в базовый вариант программного обеспечения, а чаще требуется разработка нового программного обеспечения и настройка системы управления роботом.

Эти задачи актуальны и для предприятия «ДСТ-Урал» – современного предприятия по производству трубоукладчиков, тракторов, бульдозеров и спецтехники на базе гусеничного трактора. В настоящее время на предприятии выпускаются бульдозеры 5-ти тяговых классов массой до 40 тонн (трубоукладчик ТГ20.45, кабелеукладчик ГСТ15 КВГ280, бульдозер ТМ10 ГСТ20 и другие модели). Данная техника востребована среди многих небольших частных компаний и крупных предприятий для работы в горнодобывающей и золотодобывающей сфере, дорожном строительстве и коммунальном хозяйстве. Предприятие «ДСТ-Урал» первым среди тракторных заводов Российской Федерации внедряет современные роботы FANUC M-10iA/8L на участ-

					<i>270304.2020.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>8</i>

ке сварки сложных, трудоемких и крупногабаритных элементов ходовой группы, iPendant, станция оператора. В программном обеспечении ROBOGUIDE осуществляется написание кода программы, определяющей траекторию движения руки робота. Далее данный код загружается в управляющее устройство системы управления роботом - контроллер R30iB, который позволяет легко подключать роботов. Затем с помощью пульта управления R30iB iPendant можно осуществить запуск имеющегося кода, а также изменить его, если физические размеры свариваемых деталей отличаются. На дисплее можно отображать трехмерную графику, на которой более наглядно визуализируются шаги программы.

Особенность предприятия «ДСТ-Урал», формирующая его конкурентное преимущество – частая смена моделей и конструкций выпускаемых изделий, что вызывает необходимость постоянного оперативного обновления программного обеспечения для управляющего устройства системы управления роботом. Причем для разработки программного обеспечения специалист должен не только владеть языком программирования Karel в среде ROBOGUIDE, но и знать особенности технологии сварки, уметь по технологическим картам/чертежам, рассчитывать программную траекторию, обладать навыками настройки системы управления роботом.

В настоящее время предприятие «ДСТ-Урал» активно внедряет роботизированные технологические комплексы роботов-сварщиков

FANUC M–10iA/8L в цехе сварки малогабаритных деталей и телег, однако из-за отсутствия готового ПО вынуждено ограничиваться «ручным» обучением роботов (основанном на запоминании роботом контрольных точек). Такой подход, конечно, не позволяет обеспечить требуемую точность геометрии и параметров сварного шва.

Поэтому цель выпускной квалификационной работы – разработка комплекса управляющих программ для робота FANUC M–10iA/8L, осуществ-

вляющего сварку деталей кронштейнов ТМ10.5219.080, ТМ10.5219.020 для зеркала отвала гусеничной машины ТМ10 ГСТ12 производства «ДСТ-Урал».

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Ознакомиться с предметной областью разработки:

- изучить конструкцию гусеничного трактора ТМ 10 ГСТ 12 и его бульдозерное оборудование;
- ознакомиться с технологией изготовления отвала ТМ 10 ГСТ 12;
- изучить конструкцию и схему автоматизации робота FANUC M–10iA/8L.

2. Разработать управляющие программы для робота FANUC

M–10iA/8L:

- освоить среду программирования контроллера R30iB системы автоматизации робота FANUC M–10iA/8L;
- разработать программные траектории движения сварочной головки и манипулятора для кронштейнов ТМ10.5219.080 и ТМ10.5219.020;
- разработать и реализовать управляющие программы для дуговой сварки деталей кронштейна ТМ10.5219.080 и ТМ10.5219.020.

					<i>270304.2020.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

1 ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ РАЗРАБОТКИ

В данной предметной области был изучен теоретический материал, ознакомление с которым освещает конструкцию гусеничного трактора, технологию создания отвала.

1.1 Конструкция гусеничного трактора ТМ 10 ГСТ 12 и его бульдозерное оборудование

Гусеничный трактор ТМ10ГСТ12 производится на заводе «ДСТ-Урал» [2]. Это современный завод, который специализируется на выпуске бульдозеров, трубоукладчиков, кабелеукладчиков, гусеничных тракторов, а также спецтехники на базе тягача ТМ10 с гидростатической трансмиссией.

Основные элементы трактора: рама, ходовая система, двигатель, трансмиссия, кабина, механизмы и системы управления [12].

Рама – является силовой частью бульдозера и предназначена для размещения и крепления на ней остальных составных частей бульдозера (рисунок 1.1).

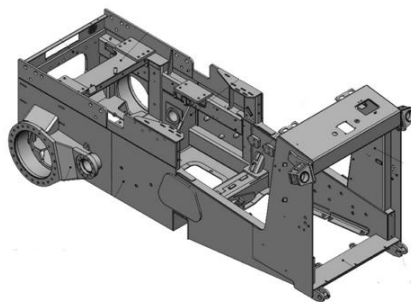


Рисунок 1.1 – Рама бульдозера

Ходовая часть – это совокупность элементов шасси, которые предназначены для передачи массы машины на опорную поверхность, сообщения поступательного движения и реализации силы тяги, необходимой для копания и наполнения грунтом рабочего органа бульдозера, бульдозера-рыхлителя, скрепера (рисунок 1.2).

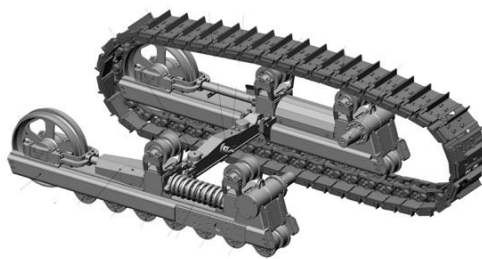


Рисунок 1.2 – Ходовая часть

Базовый двигатель серии ЯМЗ-536, семейства ЯМЗ-530, входит в состав семейства шестицилиндровых L-образных дизелей производства Ярославского моторного завода [17]. Дизель рядный, четырехтактный с воспламенением от сжатия, с непосредственным впрыском, с жидкостным охлаждением, с наддувом и охлаждением наддувочного воздуха в теплообменнике типа "воздух-воздух" (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Двигатель ЯМЗ-536

На бульдозерах использую гидростатическую трансмиссию (ГСТ) [27]. ГСТ – это гидравлический привод с закрытым (замкнутым) контуром, в состав которого входят один или несколько гидронасосов и гидромоторов и несколько планетарных редукторов, предназначенных для передачи механической энергии вращения от вала двигателя к исполнительному органу машины, посредством бесступенчатого регулируемого по величине и направлению потока рабочей жидкости (рисунок 1.4).

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

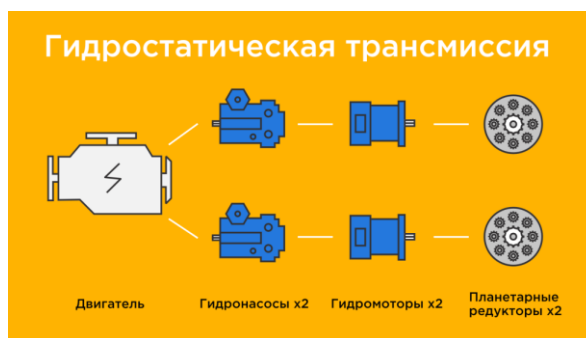


Рисунок 1.4 – Состав гидростатической трансмиссии

Кабина бульдозера состоит из каркаса кабины со встроенной системой защиты оператора от падающих предметов (FOPS) и с системой защиты при опрокидывании бульдозера (ROPS) [13]. Кабина шестигранная, имеет круговое остекление и расширенную зону обзора, в том числе и рабочих органов (рисунок 1.5).

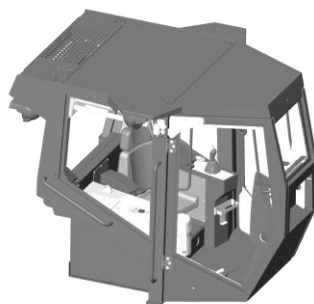


Рисунок 1.5 – Кабина оператора

Основное рабочее оборудование, устанавливаемое на ТМ10 отвал (так называемое бульдозерное оборудование) и рыхлитель.

Рыхлительное оборудование предназначено для предварительного разрыхления твердых, скальных и мерзлых грунтов (рисунок 1.6).

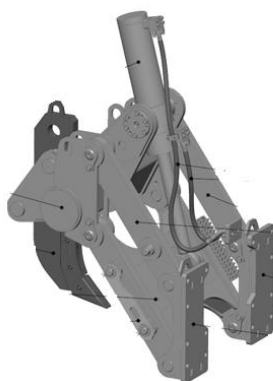


Рисунок 1.6 – Рыхлительное оборудование TM10.506.000

Для выполнения планировочных работ трактор снабжается бульдозерным оборудованием. Основными элементами бульдозерного оборудования являются отвал, толкающие брусья с раскосами и подкосами или толкающая рама с раскосами, гидроцилиндры подъема и опускания отвала, а также, на отдельных видах, механизмы поворота отвала в поперечной и горизонтальной плоскостях и изменения угла резания [11].

Отвал представляет собой сварную конструкцию коробчатого типа, обеспечивающую ему жесткость, с приваренным в передней части лобовым листом криволинейного профиля (рисунок 1.7). Последний обеспечивает быстрое заполнение отвала материалом. В нижней части к лобовому листу болтами впитай, крепятся съемные ножи. При изнашивании острой кромки ножа его разворачивают и режут вторым, острым концом [10].

Механизм компенсации перекоса отвала кинематически связывает толкающие брусья между собой и предназначен для компенсации изменения их взаимного расположения относительно трактора, возникающего при перекосе отвала, и перераспределения боковых нагрузок на толкающие брусья (рисунок 1.8).



Рисунок 1.7 – Конструкция бульдозерного отвала вид спереди

На рисунке 1.7 использованы следующие обозначения: 1– лобовой лист «зеркало» отвала ; 2 – нож боковой правый; 3 – нож средний (2 шт.); 4 – нож боковой левый

Рабочее оборудование управления отвалом показано на рисунке 1.8.

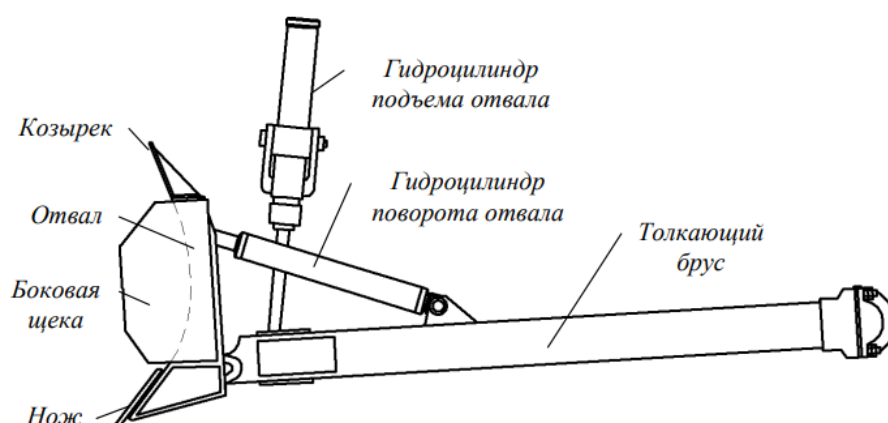


Рисунок 1.8 – Рабочее оборудование управления отвалом

Различают неповоротные, поворотные и универсальные отвалы. Неповоротные включают в себя прямой, сферический и полусферический отвалы. Торцы этих отвалов закрыты двумя боковыми щеками для снижения потерь грунта при транспортировании. Лобовой лист завершается сверху козырьком, приваренным под углом к лобовому листу. Козырек препятствует пересыпанию грунта через верхнюю кромку отвала и улучшает формирование призмы волочения грунта. Для защиты от повреждений гидроцилиндров

и радиатора двигателя от пересыпающегося материала некоторые фирмы используют решетки, устанавливаемые сверху на отвалах, и щитки [14].

Неповоротный прямой отвал используется при разработке широкого диапазона грунтов, кроме замерших грунтов, а также включая легкие скальные (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Неповоротный прямой отвал

Неповоротный сферический отвал особенно эффективен для перемещения значительных объемов легких грунтов на большие расстояния. Он состоит из трех секций: центральной и две боковые. Последние расположены под углом до 25° к центральной секции. Изогнутая в плане форма отвала обеспечивает смещение грунта к середине отвала, обеспечивая при транспортировании минимальные потери материала (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Неповоротный сферический отвал

Неповоротный полусферический отвал сочетает способности прямого отвала - хорошо врезаться в грунт и сферического отвала - перемещать большие объемы материала за счет коротких боковых секций, установленных под углом до 25° к центральной секции (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Неповоротный полусферический отвал

Поворотный прямой отвал применяется при поперечной транспортировке грунта для засыпки траншей, укладки насыпи и при расчистке территории от снега, мусора, растительности. Отвал может поворачиваться в плане вокруг шарнира на раме в обе стороны. По форме это прямой отвал без боковых щек, удлиненный по ширине и укороченный по высоте (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 – Поворотный прямой отвал вид спереди

Универсальные отвалы – состоит из двух, как правило, одинаковых частей, соединенных между собой шарнирами. Сочетает в себе функции поворотного и неповоротного отвалов, выполняя при этом гораздо большее операций, что обусловлено особенностью конструкции. Устанавливается на гусеничных бульдозерах, которые выполняют планирование территории, засыпку траншей и котлованов, уборку снега и мусора, а также перемещение грунта и других сыпучих материалов в горизонтальной плоскости (рисунок 1.13) [2].



Рисунок 1.13 – Универсальный отвал

На машинах предприятия «ДСТ-Урал» используют неповоротный полусферический отвал, неповоротный прямой отвал, поворотный отвал. Бульдозерное оборудование, в частности «зеркало» отвала используется на бульдозере типа ТМ 10 ГСТ12 [22]. Данный бульдозер имеет возможность установки всех типов отвала. Но наиболее востребованным из которых являются полусферический отвал, объем которого равен 5 м^3 (рисунок 1.14).



Рисунок 1.14 – Бульдозер ТМ 10 ГСТ12 с полусферическом отвалом

Крепление зеркала отвала с брусом толкающим происходит при помощи кронштейнов ТМ10.5219.020 СБ СП зеркала (рисунок 1.15). Данное соединение осуществляется с двух сторон.



Рисунок 1.15 – Соединение зеркала отвала с брусом толкающим

На рисунке 1.15 использованы следующие обозначения: 1 – отвал; 2 – кронштейн зеркала отвала ТМ10.5219.020; 3 – брус толкающий.

Крепление зеркала отвала с тягой боковой происходит при помощи кронштейнов ТМ10.5219.080 СБ СП зеркала (рисунок 1.16).



Рисунок 1.16– Соединение зеркала отвала с боковой тягой

На рисунке 1.16 использованы следующие обозначения: 1 – кронштейн на зеркале отвала ТМ10.5219.080; 2 – тяга боковая.

Крепление зеркала отвала с гидроцилиндром перекоса происходит при помощи кронштейнов ТМ10.5219.080 СБ СП зеркала (рисунок 1.17).

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

270304.2020.382 ПЗ

Лист

19



Рисунок 1.17 – Соединение зеркала отвала с гидроцилиндром перекоса

На рисунке 1.17 использованы следующие обозначения: 1 – брус толкающий; 2 – гидроцилиндр перекоса; 3 – отвал; 4 – кронштейн зеркала ТМ10.5219.080.

Крепление зеркала отвала с двумя гидроцилиндрами подъема отвала происходит при помощи двух кронштейнов ТМ10.5219.080 СБ СП зеркала (рисунок 1.18).



Рисунок 1.18 – Соединение зеркала отвала с гидроцилиндром подъема отвала правая сторона

На рисунке 1.18 использованы следующие обозначения: 1 – шток гидроцилиндра; 2 – кронштейн на отвале ТМ10.5219.080; 3 – отвал.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

270304.2020.382 ПЗ

Лист

20

Полная картина соединения зеркала отвала с толкающим брусом при помощи двух кронштейнов ТМ10.5219.020 СБ СП. Соединение зеркала отвала с гидроцилиндром подъема отвала, с гидроцилиндром перекоса, с боковой тягой при помощи четырех кронштейнов ТМ10.5219.080 СБ СП (рисунок 1.19).

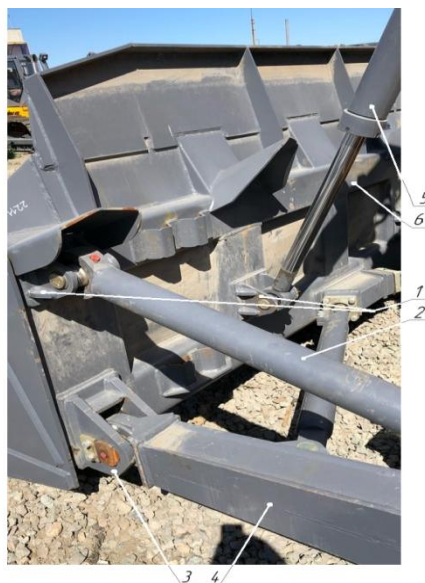


Рисунок 1.19 – Полное присоединение зеркала отвала к трактору вид слева

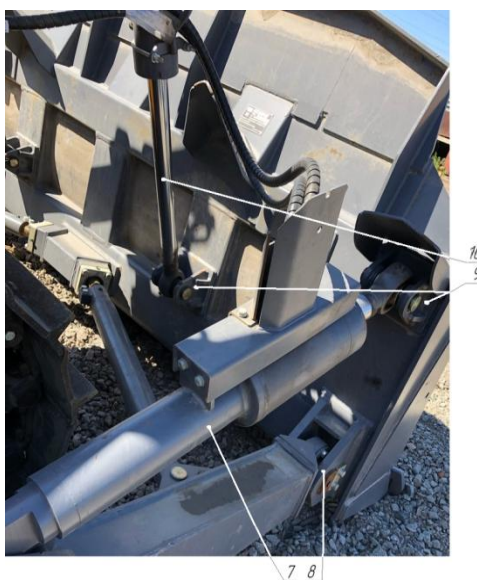


Рисунок 1.20 – Полное присоединение зеркала отвала к трактору вид справа

На рисунке 1.19 и на рисунке 1.20 использованы следующие обозначения: 1 – кронштейны зеркала ТМ10.5219.080; 2 – тяга боковая; 3 – кронштейны зеркала ТМ10.5219.020; 4 – брус толкающий; 5 – гидроцилиндр подъема (опускания) отвала; 6 – отвал; 7 – гидроцилиндр перекоса; 8 – кронштейны зеркала ТМ10.5219.020; 9 – кронштейны зеркала ТМ10.5219.080; 10 – гидроцилиндр подъема (опускания) отвала.

1.2 Технология изготовления отвала ТМ 10 ГСТ 12

Отвалы, так же, как остальные элементы конструкции машины, разрабатываются собственным конструкторским отделом, состоящим из молодых специалистов и опытных наставников. Конструктора составляют макета отвала, который включает в себя чертежи крупногабаритных и малогабаритных деталей отвала.

Технология производства отвала показана на рисунке 1.21.

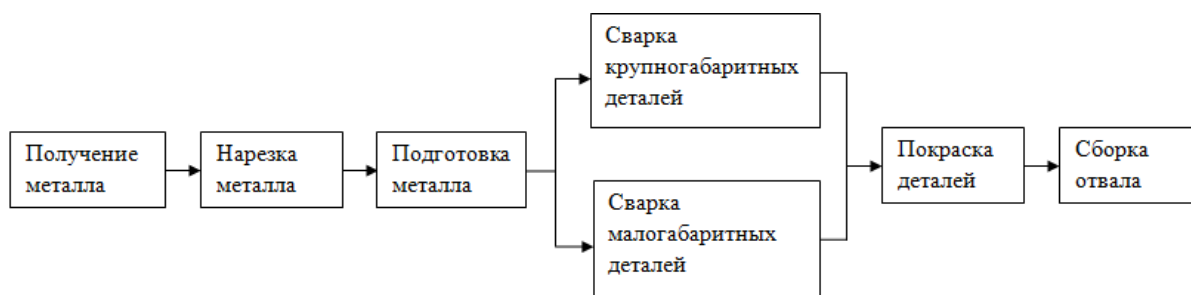


Рисунок 1.21–Технология производства отвала

Сварка любых деталей происходит в сварочных цехах. Но помимо основных цехов существуют вспомогательные цеха и обслуживающие хозяйства. Первые нужны для проведения ремонтных работ, изготовления инструментов, которых нет в серийном производстве.

Обслуживающие хозяйства есть на каждом крупном предприятии, они необходимы для хранения и перемещения деталей либо конструкций. Далее более детально рассмотрим цех сварки малогабаритных деталей.

В цехе сварки малогабаритных деталей ведутся работы по сварке деталей разных конструкций относительно небольшого размера. Стоит отметить, что после сварочных работ, деталь обычно перевозят в другой цех сварки, так как практически все конструкции сборные. В обоих цехах установлено по 2 робота-манипулятора производства компании FANUC. Единственным отличием является то, что в цехе сварки крупногабаритных конструкций установлены более массивные позиционеры, которые способны выдержать крупный вес деталей. Численность рабочих мест для персонала, который работает с роботами-манипулятора около 24. То есть, по 3 человека на каждого робота.

Каждый из сварочных цехов имеет структуру, представленную на рисунке 1.22.

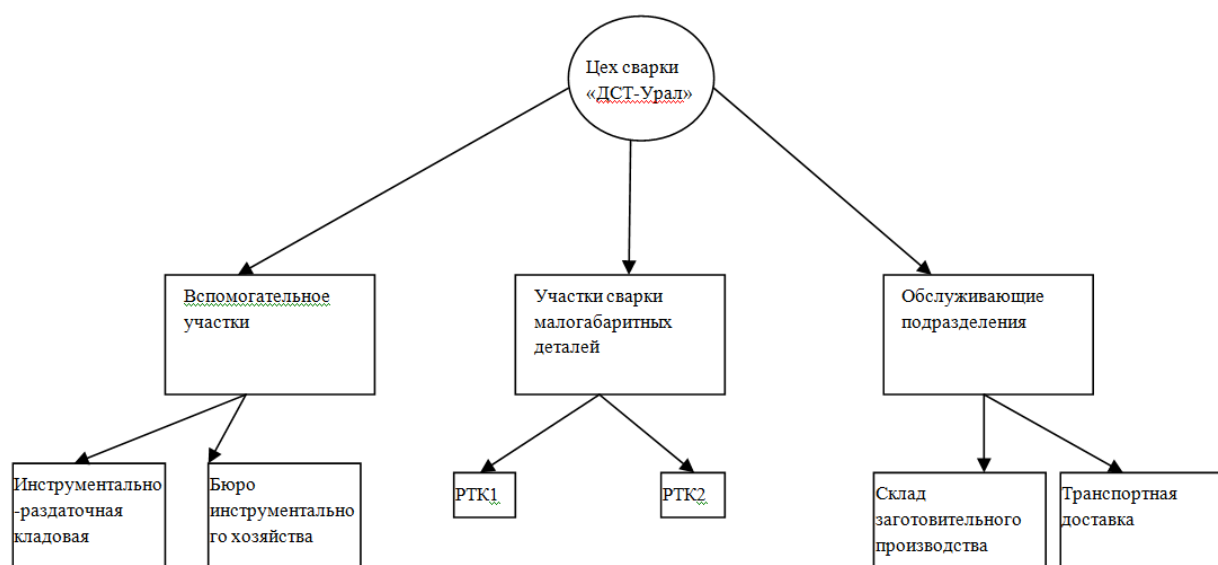


Рисунок 1.22– Цех сварки «ДСТ-Урал»

Согласно рисунку 1.21 технологический процесс производства отвала представляет собой последовательность следующих технологических операций:

- 1) получение металла;

Робототехническое оборудование состоит из:

- 1) позиционера;
- 2) станции оператора;
- 3) промышленного робота.

Позиционер – устройство, предназначенное для придания обрабатываемому изделию положения, обеспечивающего оптимальную досягаемость робота до всех точек траектории реза [47-48]. Каждая ось позиционера, является дополнительной осью робота, что обеспечивает синхронизацию движения позиционера и робота в процессе сварки.

Основные функции позиционера:

- 1) удержания свариваемых частей;
- 2) легкость и быстрота установки деталей в позиционер;
- 3) беспрепятственный доступ сварочной головки ко всем сварочным точкам.

Станция оператора предназначена для регулирования процесса сварки деталей.

Функции оператора включают:

- 1) контроль процесса сварки;
- 2) загрузка свариваемых деталей;
- 3) выгрузка полученной детали.

Промышленный робот – это автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций [49].

Одно из самых распространенных в настоящее время применений робототехники – роботизированная сварка [50]. Речь идет о большом числе преимуществ, к которым в первую очередь следует отнести:

Welbee P500L - Сварочный инверторный аппарат, обеспечивающий оптимальные сварочные характеристики при сварке стали, нержавеющей стали. Данный аппарат значительно сокращает образование брызг по всему диапазону сварочных токов от низких до высоких, обеспечивает высококачественную импульсную сварку за счет выполнения оптимизированного контроля формы волны в соответствии с материалами (рисунок 1.23).



Рисунок 1.23– Сварочный инверторный аппарат OTC Welbee-P500L

Контроллер «R–30iB» используется для выполнения автоматизированной сварки при помощи и встроенного в него высокопроизводительный программируемый контроллер станка (ПКС) серии iPendant, который обеспечивает доступ ко всей системе ввода–вывода робота, а также простое раздельное или асинхронное управление периферийными устройствами без ухудшения производительности [3].

Микроконтроллер R–30iB обладает следующими особенностями:

- 1) безопасное программное обеспечение – контроллеры R–30iB используют собственное программное обеспечение FANUC, что обеспечивает надежную защиту от вирусов, хакерских атак и проблем со стабильностью;
- 2) удобное управление – iPendant;
- 3) нестандартный искусственный интеллект – все контроллеры «R–30iB» в стандартном исполнении способны реализовывать интеллектуальные

функции, такие как работа с системой технического зрения, управление усилием и контроль на отсутствие столкновений.

Контроллер «R-30iB» выпускается в четырёх типов корпусов:

- A-Cabinet;
- B-Cabinet;
- Mate Cabinet;
- Open-Air Cabinet.

На предприятии «ДСТ-Урал» используется контроллер R-30iB в корпусе A-Cabinet. Контроллер идеально подходит для работы в промышленных средах и разработан для ограниченного количества 6 вспомогательных осей (рисунок 1.24).



Рисунок 1.24– Контроллер R-30iB в корпусе A-Cabinet

ПКС серии iPendant изображен на рисунке 1.25.



Рисунок 1.25 – ПКС серии iPendant

ПКС серии «iPendant» обладает следующими отличительными чертами:

- настраиваемые экраны – функция индивидуальной настройки «iPendant» позволяет определять и создавать пользовательские экраны HTML;
- интеллектуальные функции для упрощения работы – «iPendant» имеет встроенный графический редактор, быстрый прямой доступ к двум дополнительным осям;
- четырехмерное моделирование – четырехмерная графика обеспечивает реалистичность отображения инструментов, рам, зон безопасности и траектории робота;
- карта узлов – визуализация траекторий перемещения и программные точки на карте узлов обеспечивают предсказуемость траектории перемещения робота;
- функция «Visual Jog» – быстро и удобно подтверждает направление и расстояние толчкового перемещения с использованием трехмерной модели.

Таким образом, одна и та же технологическая единица может выполнять несколько операций, где требуется стабильность, точность, аккуратность и производительность. Сварка в труднодоступных местах, длинных швов и сварка крупногабаритных деталей значительно упрощается с применением промышленного сварочного робота. Робот, который имеет все выше перечисленные преимущества - робот «FANUC» [43].

Функциональная схема сварочного робота-манипулятора изображена в приложении А [12].

от других производителей, роботы которых могут подключаться к ограниченному числу источников питания, FANUC предлагает цифровые интерфейсы высокого уровня для подключения к целому ряду источников питания. Благодаря нашим цифровым интерфейсам параметры источников питания можно отслеживать и регулировать прямо с пульта Robot iPendant;

- визуализация дуговой сварки. Благодаря уникальной системе технического зрения FANUC iRVision роботы для дуговой сварки могут: определять тип детали, определять положение деталей и сварочного шва, проводить послесварочный осмотр;

- экономия времени благодаря TorchMate. Устройство TorchMate автоматически регулирует центральную точку инструмента и повышает эффективность сварочных работ, устраняя необходимость в трудоемкой повторной настройке траектории перемещения после смещения горелки или проволоки, вызванного столкновением. Эта технология доступна и для роботов с тактильным методом работы, и для роботов, оснащенных системой iRVision, что делает ее подходящей для самых разных сфер применения.

M-10iA/8L – высокоскоростной робот с повышенными инерционными показателями (рисунок 1.27). Данный робот предназначен для операций загрузки–разгрузки материалов, также способен перемещать более тяжелые детали в увеличенной рабочей зоне в сравнение с моделью M-10iA/7L [61]. В дополнение к повышенной грузоподъемности и досягаемости робот M-10iA/8L потребляет значительно меньше энергии и отличается эффективной модульной конструкцией.



Рисунок 1.27 – FANUC «M–10iA/8L»

Исходя из этого, роботы FANUC являются подходящим оборудованием для выполнения производственных задач предприятия «ДСТ–Урал». Предприятие активно закупает и эксплуатирует роботов серии M–10iA/8L [62]. На предприятии робот применяется для варки малогабаритных деталей и крупногабаритного оборудования с использованием сварочной насадки (сопло модели ОТС–31) для дуговой сварки (рисунок 1.28).



Рисунок 1.28 – Сварочная насадка для дуговой сварки

Данное робототехническое оборудование используется для варки малогабаритных деталей: «ТМ10.5219.080 СБ Кронштейн», «ТМ10.5219.020 СБ Кронштейн» для навесного оборудования ТМ10.5219.010 СБ «Зеркало».

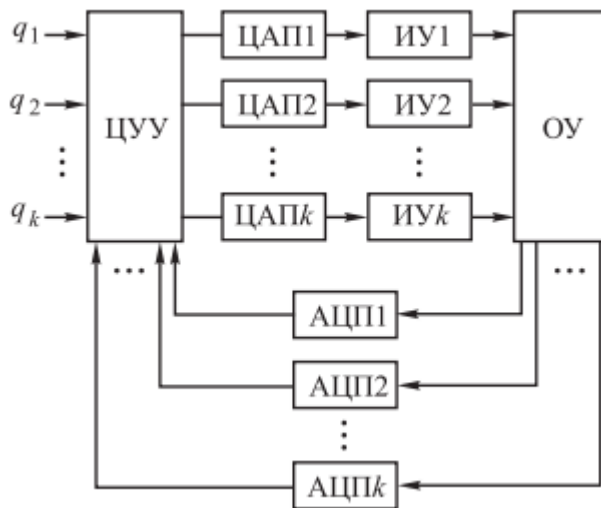


Рисунок 1.29 – Структура АСУ ТП с центральным управлением

На рисунке 1.30 приведена обобщенная схема системы программного управления. На пульте управления задаются режимы работы, индицируется состояние робота и его устройства управления. В запоминающем устройстве находятся рабочие программы. Блок управления положением обеспечивает отработку заданных точек и траекторий приводами робота и работающего совместно с ним другого оборудования. Блок управления переходами контролирует окончание отработки предыдущего шага программы, хранит номер обрабатываемого шага и выдает сигнал на отработку следующего шага. Временное устройство формирует необходимые по программе выдержки времени. Запоминающее устройство, блок управления переходами и временное устройство в совокупности составляют программно-временное устройство, являющееся основой устройства программного управления [4].

На рисунке 1.30 показаны связи устройства управления с оператором, приводами звеньев манипуляторов и устройства передвижения робота с возможным внешним оборудованием, а также внутренние связи между отдельными блоками устройства.

Робот имеет два основных режима функционирования: режим программирования и режим воспроизведения программы [18-19].

iPendant, который обеспечивает доступ ко всей системе ввода-вывода робота, а также простое отдельное или асинхронное управление периферийными устройствами.

6. Возможны следующие методы составления и ввода программы (применительно к управлению манипулятором робота):

- аналитическое программирование путем расчета программы и последующего ввода ее в запоминающее устройство;
- программирование методом обучения с одновременным вводом программы путем однократного (образцового) выполнения операции в режиме ручного управления роботом с помощью пульта;
- программирование методом обучения, но путем механического перемещения манипулятора рукой человека-оператора.

7. Для автоматизации процесса сварки кронштейнов зеркала отвала на роботе FANUC M-10iA/8L требуется выполнить аналитическое программирование контроллера R30iB с использованием специализированного ПО ROBOGUIDE. Данное ПО – программный пакет, который моделирует как движение робота, так и команды приложения, значительно сокращая время, требуемое для создания новых траекторий движения.

										Лист
										40
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	270304.2020.382 ПЗ					

тельно и частично перекрывают друг друга [54-56]. Отсутствие опасности прожогов при сварке облегчает применение высокопроизводительных режимов сварки. Применение нахлесточных соединений облегчает сборку и сварку швов, выполняемых при монтаже конструкций (монтажных швов).

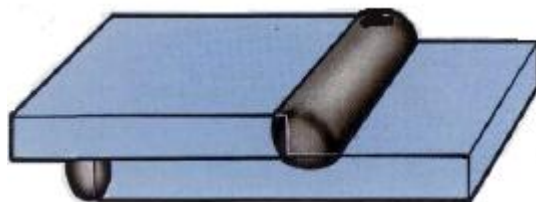


Рисунок 2.3 – Нахлесточный шов

Тавровое сварное соединение «Т» (рисунок 2.4). Тавровое соединение – сварное соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента [57-59].

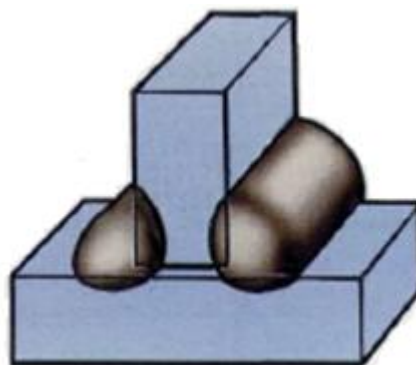


Рисунок 2.4 – Тавровый шов

Угловой шов «У» (рисунок 2.5). Угловое соединение – сварное соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев [60].

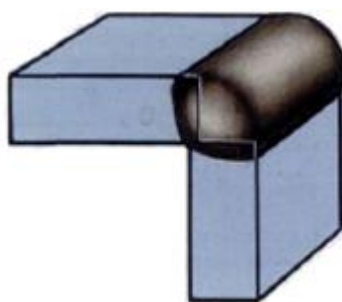


Рисунок 2.5 – Угловой шов

Любые сварные соединения, вне зависимости от их типа, могут быть односторонними (или как их еще называют «SS») или двусторонними (аббревиатура «BS»). Односторонние швы получаются при сварке с одной стороны детали, а двусторонние – при сварке с обеих сторон [40].

Также, следует различать вспомогательные знаки для обозначения сварных швов (рисунок 2.6).

ОСОБЕННОСТЬ ШВА	УСЛОВНЫЙ ЗНАК
Прерывистый с цепным расположением участков	
Прерывистый с шахматным расположением	
Монтажный	
По замкнутому контуру	
По незамкнутому контуру	
Со снятой выпуклостью (усилением)	
Шов, имеющий местную обработку с плавным переходом к основному металлу	

Рисунок 2.6 – Вспомогательные знаки

К вспомогательным знакам относятся буквенно-числовые комбинации, которые содержат в себе информацию о типе шва и виде соединения (рисунок 2.7). К примеру: у нас есть обозначение С1 и оно обозначает «сты-

ковой шов односторонний». С – буква, обозначающая тип шва, а 1 – цифра, указывающая на сторону сварки. Двусторонняя сварка обозначается цифрой 2.

ОБОЗНАЧЕНИЕ ВИДА СОЕДИНЕНИЯ

С - стыковое
У - угловое
Т - тавровое
Н - нахлесточное
С5 - цифры указывают
порядковый номер шва
в данном конкретном
стандарте

Рисунок 2.7 – Вспомогательные знаки буквенно-числовой комбинации

Исходя из рассмотренного материала, проведём разработку предварительной траектории движения манипулятора для детали ТМ.10.5219.080 СБ «Кронштейн»:

Технологически чертёж детали ТМ10.5219.080 СБ «Кронштейн» обозначены в приложении А.

Исходя из технологического чертежа, можно отметить используемые виды сварочных швов: тавровый шов Т1 по замкнутому кругу с использованием катета в 10 мм (позиция 3 к позиции 4); тавровый шов Т1 (обозначается №2) с использованием катета в 10 мм (позиция 2 к позиции 4, позиция 4 к позиции 1); тавровый шов Т3 (обозначается №1) с использованием катета в 10 мм (позиция 2 к позиции 1, позиция 4 к позиции 1) [63-65].

Тавровые швы выполняются следующим образом – куски металла располагаются под углом в 90° относительно друг друга, и вертикальную деталь приваривают к горизонтальной детали торцом к поверхности. Сварка проводится при помощи метода «в лодочку», то есть наплавляющая проволока подводится к сочленению деталей под углом в 45° и слабым наклоном в сторону направления сварки, что исключает стекание металла [66].

											Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	270304.2020.382 ПЗ						46

Так же, не маловажным этапом в проведение сварки является выполнение сварочных прихваток. Сварочные прихватки представляют собой короткие сварные швы с поперечным сечением меньшим, чем сечение рабочего шва. Прихватки при окончательной сварке швов не удаляются, а перекрываются основным швом. Они используются, для исключения возможности смещения свариваемых частей [67].

Первым этапом в разработке предварительной траектории движения манипулятора служит выполнение сварочных прихваток.

Сварочные прихватки выполняются в основании детали или для закреплённых прижимами частей.

Исходя из технологического чертежа детали ТМ10.5219.080 СБ «Кронштейн» сварочные прихватки будут выполняться для основания (позиция 1) с «ухом» (позиция 4) и «ребрами» (позиция 2). Следует отметить, что длина прихваток как правило, составляет до 25 мм. Протяженность соединения основания с (позицией 4) и (позицией 2) небольшая, поэтому сделаем прихватки размером 5 мм. Составим план:

1) для начала сварки кронштейна нужно сварить «втулку» (позиции 3) к «уху» (позиция 4), используя тавровый шов Т1 по замкнутой линии с катетом в 10 мм, сделаем это для правого и левого «уха» соответственно;

2) выполнив прихватки, приварим «ухо» (позиции 4) к основанию (позиции 1), используя тавровый шов Т1 с катетом в 10 мм, сделаем это для правого и левого «уха» соответственно;

3) следующим этапом будет приваривание «ребер» (позиция 2) к основанию (позиция 1), используя тавровый шов Т3 с катетом 10 мм. Сварку следует проводить для каждого «ребра» соответственно;

4) далее будет приваривать «ребра» (позиция 2) к «уху» (позиция 4), используя тавровый шов Т1 с катетом 10 мм. Сварку следует проводить для каждого «ребра» соответственно;

5) также будем приваривать «ребра» (позиция 2) к «уху» (позиция 4), используя тавровый шов ТЗ с катетом 10 мм. Сварку следует проводить для каждого «ребра» соответственно;

б) финальным этапом сварки, следует приварить «ухо» (позиции 4) к основанию (позиции 1), используя тавровый шов ТЗ с катетом в 10 мм, сделаем это для правого и левого «уха» соответственно.

В совокупности, порядок данных действий создаёт предварительную траекторию для движения робота манипулятора.

Подобным способом выполним разработку предварительной траектории движения для следующих деталей: ТМ10.5219.020 СБ «Кронштейн».

Технологически чертёж детали ТМ.10.5219.020 СБ «Кронштейн» обозначены в приложении А.

Исходя из технологического чертежа, можно отметить используемые виды сварочных швов: тавровый шов ТЗ (позиция 1 к позиции 3) с использованием катета 10 мм; тавровый шов ТЗ (позиция 2 к позиции 3) с использованием катета 15 мм; тавровый шов Т1 (позиция 2 к позиции 3) с использованием катета 6 мм; угловой шов У6 по незамкнутой линии (позиция 4 к позиции 2).

Для детали ТМ10.5219.020 СБ «Кронштейн» сварочные прихватки будут выполняться для опоры (позиция 3) с «ухом» (позиция 2) правым и «ухом» (позиция 2) левым, а также для опоры (позиция 3) с «ребром» (позиция 1) и для опоры (позиция 3) с «ребром» (позиция 4). Сделаем прихватки размером 5 мм. Составим план:

1) выполнив прихватки, приварим «ухо» (позиции 2) к опоре (позиции 3), используя тавровый шов ТЗ с катетом в 15 мм, сделаем это для правого и левого «уха» соответственно;

2) следующим этапом будет приваривание «уха» (позиция 2) к опоре (позиция 3), используя тавровый шов Т1 с катетом 6 мм, сделаем это для правого и левого «уха» соответственно;

					270304.2020.382 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		48

3) далее привариваем «уха» (позиция 2) к опоре (позиция 3), используя тавровый шов ТЗ с катетом 10 мм, сделаем это для правого и левого «уха» соответственно;

4) выполнив прихватки , привариваем «ребро» (позиция 1) к опоре (позиция 3), используя тавровый шов ТЗ с катетом 10 мм;

5) финальным этапом сварки после выполнения прихваток , привариваем «ребро» (позиция 4) к опоре (позиция 3) с использованием углового шва У6 по незамкнутой линии.

Таким образом мы провели разработку предварительной траектории движения манипулятора для детали ТМ.10.5219.020 СБ «Кронштейн».

Исходя из построенных предварительных траекторий движения манипулятора, проведём разработку алгоритма совместного управления позиционером и движением сварочной головкой робота–манипулятора в рабочей среде ROBOGUIDE [42].

2.3 Разработка и реализация в среде ROBOGUIDE алгоритма совместного управления позиционером и движением сварочного робота

При моделировании и анализе робототехнических комплексов важнейшую роль играет применение компьютерных пакетов моделирования, которые позволяют не только качественно визуализировать полученные результаты, но и значительно оптимизировать сам процесс расчетов. Пакет моделирования Roboguide и набор модулей его программных расширений предназначены для создания моделей роботизированных комплексов на базе роботов FANUC и их программирования. Моделирование в среде Roboguide предоставляет возможность офлайн программирования технологических процессов для роботов FANUC и включает 3D-моделирование комплекса, программное обучение манипуляторов и воспроизведение запрограммированных обучением траекторий и программ [69-71].

Моделирование в пакете Roboguide основано на использовании виртуального контроллера FANUC Robotics Virtual Robot Controller, который обеспечивает точное обучение, и выполнение программ в соответствии с информацией о времени цикла [73].

Roboguide – это ядро-приложение для нескольких программных модулей:

- HandlingPRO – пакет для моделирования автоматизированных технологических процессов в трехмерном пространстве и технико-экономического обоснования решения без физической потребности установки опытного образца роботизированного комплекса;
- PalletPRO – пакет для моделирования автоматизированных процессов паллетизации на робототехнических комплексах;
- WeldPRO – пакет для моделирования автоматизированного процесса дуговой сварки с помощью робота;
- PaintPRO – пакет для моделирования автоматизированного процесса окраски с помощью робота.

Моделирование в пакете Roboguide выполняется поэтапно, согласно описанному ниже алгоритму. Процесс создания проекта предполагает, что изначально Roboguide запущен с пустым проектом, что означает отсутствие активного технологического оборудования в рабочем пространстве Roboguide. Суть алгоритма заключается в следующем:

- создание нового проекта. На данном шаге осуществляется запуск программы, выбор типа проекта и робота, выполняются настройки контроллера. Происходит запуск виртуального контроллера системой создания трехмерной площадки с моделью робота. На этом этапе роботом на экране уже можно управлять. На рисунке 2.8 продемонстрирована модель робота со своей рабочей зоной;

– редактирование свойств робота. На данном этапе свойства робота могут быть изменены, а сам робот может быть перемещен в любое место рабочей зоны проекта;

– добавление заготовки в проект. Данный шаг позволяет добавить заготовку в проект, которая будет захвачена роботом, перемещена и установлена в другое место рабочей области. После определения заготовки она отобразится в проекте на фиксирующем устройстве. В порядке использования заготовки в проекте необходимо указать ее в свойствах технологических компонентов;

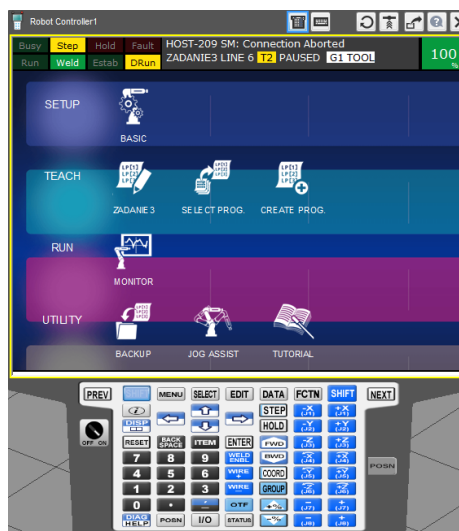
– добавление инструмента для робота. Этот этап включает выбор модели, установку на руку робота и подробное описание используемого инструмента. Инструмент появляется на конце руки робота, однако изначально он может быть установлен некорректно. В таком случае имеется возможность изменения положения инструмента. После настройки инструмента робот может управляться как через интерактивную систему координат, так и через виртуальный пульт. На данном шаге также выполняется ориентация заготовки в инструменте;

– добавление в проект приспособления для разгрузки. Данный этап подразумевает добавление технологического компонента, например позиционер, на котором робот будет выполнять сварочные работы;

– создание программы для робота. На данном этапе создается программа движения робота посредством добавления и сохранения точек траектории движения;

– выполнение программы. На данном этапе происходит запуск программы моделирования и визуализация процесса сварки. Отображается информация о времени выполнения программы в построчном режиме, а также проводится анализ ее производительности. Такой анализ проводится для каждого отдельного запуска текущей программы.

«KAREL» – это язык более низкого уровня, очень похожий на Паскаль. Он содержит строго типизированные переменные, константы, пользовательские типы, процедуры, функции и предоставляет вам доступ ко всем видам полезных встроенных модулей [30]. Это компилируемый язык. Исходный код должен быть переведен из исходного файла ядра (.KL) в р-код (.ПК), прежде чем он может быть загружен и выполнен на контроллере.



2.9 – Симуляция ПКС серии iPendant

Индикатор 100% обозначает ограничение скорости движения робота;
 BUSY – робот находится в работе (выполнение процесса с помощью пульта управления);

RUN – выполняется программа;

STEP – индикатор состояния пошагового режима;

HOLD – индикатор сигнала задержки;

FAULT – индикатор наличия активной ошибки;

WELD – индикатор активности сварки;

На пульте предусмотрено ручное управление сварочным роботом, при помощи таких клавиш как «-X/+X», «-Y/+Y», «-Z/+Z».

STEP – включить/отключить пошаговый режим;

HOLD – остановка робота в «мягком» режиме;

FWD/BWD – ручной запуск программы вперёд и назад;
 COORD – переключение режимов ручного перемещения робота;
 GROUP – переключение между управляемыми группами;
 +%/-% - изменение ограничения скорости (полезно для ручного управления);
 MENU – вызов общего меню системы;
 SELECT – вызов списка программ;
 EDIT – открыть текст текущей программы;
 DATA – открыть меню параметров;
 FCTN – открыть меню функций;
 DISP – управление экраном (включение/отключение сенсора);
 RESET – сброс ошибки;
 DIAG – открыть меню со списком активных ошибок;

Проведём создание алгоритма совместного управления позиционированием и движением сварочного робота манипулятора для сваривания детали ТМ.10.5219.080 СБ «Кронштейн» (рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 – Создание программы для детали ТМ.10.5219.080 СБ «Кронштейн»

Перейдём во вкладку «METHOD» и выберем методов настройки системы координат по трём точкам (Tree Point), который выставлен в данный момент.

Пункты Orient Origin Point, X Direction Point, Y Direction Point определяют положение центра и ориентацию пользовательской системы координат.

Программное обеспечение ROBOGUIDE определяет направление оси Z автоматически.

Данные ориентирующиеся точки ставятся относительно «базы» на которую устанавливается деталь. Таким образом, зададим точки для детали ТМ.10.5219.080 СБ «Кронштейн».

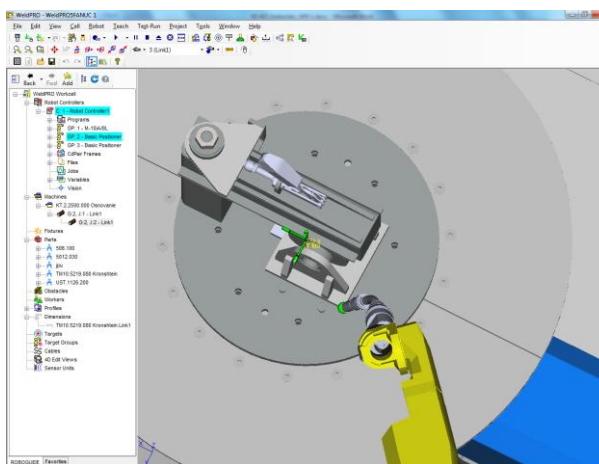


Рисунок 2.12 – Тока привязки Orient Origin Point

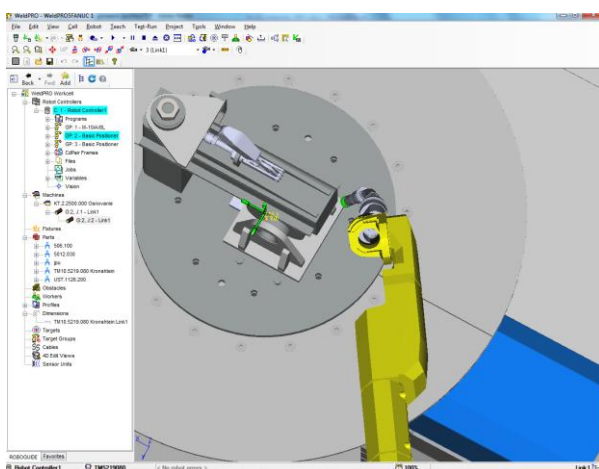


Рисунок 2.13 – Тока привязки X Direction Point

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

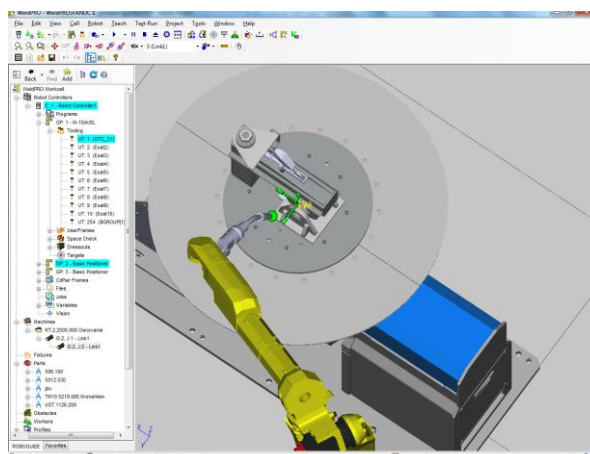


Рисунок 2.14 – Тока привязки Y Direction Point

Закончив настройку с пользовательской системой координат, приступим к написанию кода для траектории движения сварочного робота и позиционера.

Каждый код для траектории движения начинается с объявления пользовательской плоскости ($UFRAME_NUM = 1$, так как при задании пользовательской системы координат, нами была использована ячейка №1), номер рабочего инструмента ($UTOOL_NUM = 1$, так как для инструмента нами была использована ячейка №1), номер активной нагрузки ($PAYLOAD[1]$, стандартное значение), ограничение скорости движения робота ($VERRIDE = 100\%$, полная мощность работы робота).

Следует различать шаблоны перемещения сопла робота в точку. Рассмотрим пример:

1: J @P[1] 100% FINE

– J – тип перемещения в точку. Различают 4 вида перемещения в точку: Joint, Linear, Circular, Circle Arc (рисунок 2.15).

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

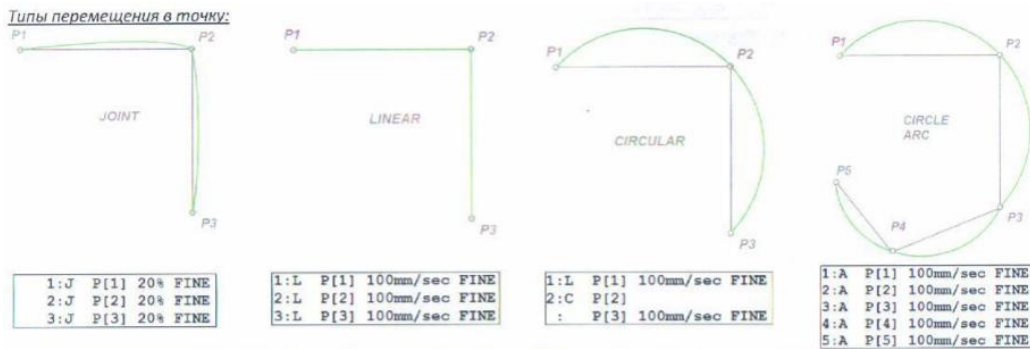


Рисунок 2.15 – Типы перемещения в точку

- P[1] – порядковый номер точки;
- 100% – скорость. Существует возможность задавать скорость перемещения в точку несколькими вариантами (рисунок 2.16).

Motion Modify 1/1	Motion Modify 1/1
1 %	1 mm/sec
2 sec	2 cm/min
3 msec	3 inch/min
4	4 deg/sec
5	5 sec
6	6 msec
7	7
8	8

JOINT

Для остальных типов

Рисунок 2.16 – Типы скорости перемещения

- FINE – сглаживание. Уровень сглаживания зависит от двух основных факторов: коэффициент при инструкции CNT (в пределах от 0 до 100, чем выше коэффициент, тем выше уровень сглаживания) скорость перемещения в точку (чем выше скорость – тем выше уровень сглаживания) (рисунок 2.17).

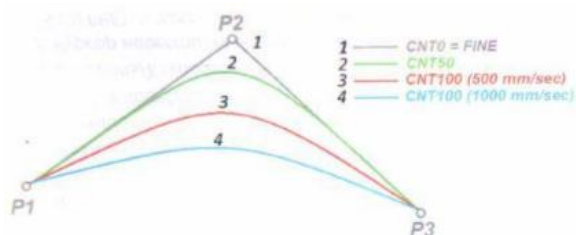


Рисунок 2.17 - Сглаживание

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

Код алгоритма совместного управления позиционером и движением сварочного робота манипулятора исходя из предварительной траектории движения детали ТМ.10.5219.080 СБ «Кронштейн» обозначен в приложении Б.1.

Таким образом, напишем основной код алгоритма совместного управления позиционером и движением сварочного робота манипулятора для ТМ.10.5219.020 СБ «Кронштейн».

Данные ориентирующиеся точки ставятся относительно «базы» на которую устанавливается деталь. Таким образом, зададим точки для детали ТМ.10.5219.020 СБ «Кронштейн».

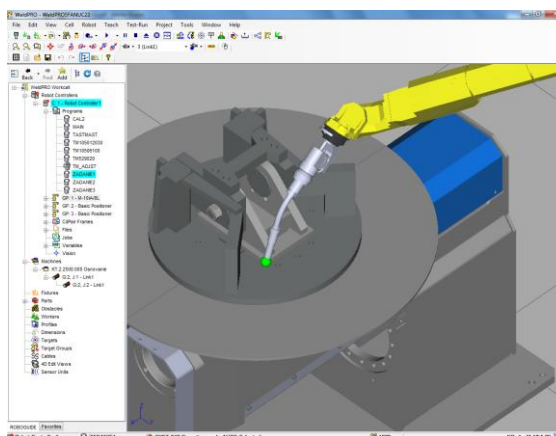


Рисунок 2.18 – Тока привязки Orient Origin Point

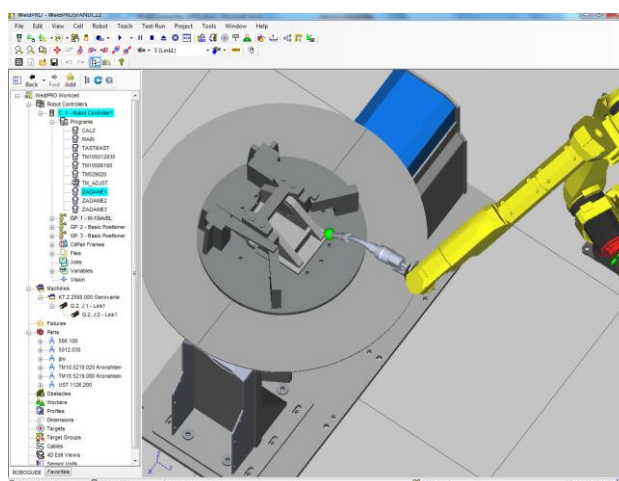


Рисунок 2.19 – Тока привязки X Direction Point

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

270304.2020.382 ПЗ

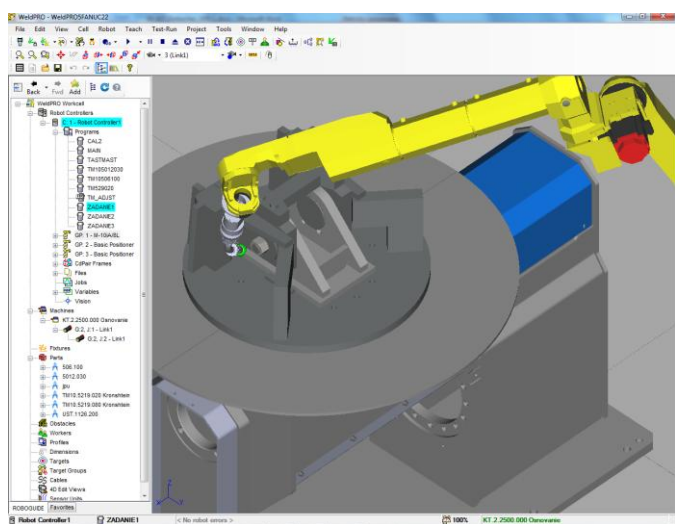


Рисунок 2.20 – Тока привязки Y Direction Point

Закончив настройку с пользовательской системой координат, приступим к написанию кода для траектории движения сварочного робота и позиционера.

Пользовательская плоскость (UFRAME_NUM = 2, так как при задании пользовательской системы координат, нами была использована ячейка №2), номер рабочего инструмента (UTOOL_NUM = 1), номер активной нагрузки (PAYLOAD[1], стандартное значение), ограничение скорости движения робота (OVERRIDE = 100%, полная мощность работы робота).

Код алгоритма совместного управления позиционером и движением сварочного робота манипулятора исходя из предварительной траектории движения детали TM.10.5219.020 СБ «Кронштейн» обозначен в приложении Б.2.

Вывод по главе 2

1. По результатам изучения технологических карт кронштейнов TM10.5219.080 и TM10.5219.020 определены используемые виды сварочных швов (тавровые швы с использованием катета в 10, 6 и 15 мм соответственно и угловой шов по незамкнутому контуру в 6 мм). Также определены места сварочных прихваток, выполняемых в основании детали или для закреплённых прижимами частей. Так, из технологического чертежа детали

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

270304.2020.382 ПЗ

Лист

60

ТМ10.5219.080 СБ «Кронштейн» определено, что сварочные прихватки следует выполнять для основания (позиция 1) с «ухом» (позиция 4) и «ребрами» (позиция 2) при длине прихваток порядка 5 мм. Протяженность соединения основания с (позицией 4) и (позицией 2) небольшая, поэтому следует делать прихватки размером 5 мм.

2. По данным п.1. разработаны программные траектории движения сварочной головки робота-манипулятора для кронштейнов ТМ10.5219.080 и ТМ10.5219.020.

3. Программные траектории движения сварочной головки робота-манипулятора для кронштейнов ТМ10.5219.080 и ТМ10.5219.020 реализованы в пакете моделирования Roboguide и набор модулей его программных расширений. В данной среде моделирования созданы модели роботизированных комплексов на базе роботов FANUC и разработаны алгоритмы совместного управления позиционером и движением сварочного робота манипулятора для сваривания деталей ТМ.10.5219.080 СБ «Кронштейн», ТМ.10.5219.020 СБ «Кронштейн».

4. Для применения на производстве разработанного комплекса программ необходимы их корректировки и отладки на реальном роботе с реальными деталями. Данные действия выполняются, чтобы учесть небольшие расхождения в размерах деталей в сравнение с конструкторской документацией, опыт оператора по установке деталей на кондукторе.

										Лист
										61
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	270304.2020.382 ПЗ					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Навесным оборудованием бульдозеров, изготавливаемых на базе гусеничного тягача ТМ10 ГСТ12 заводом «ДСТ-Урал» является отвал. Отвал – сварная конструкция коробчатого типа с приваренным в передней части лобовым листом криволинейного профиля – зеркалом отвала ТМ10.5219.010 СБ «Зеркало».

Зеркало отвала соединено с толкающим брусом при помощи двух кронштейнов ТМ10.5219.020 СБ СП, соединение зеркала отвала с гидроцилиндром подъема отвала, с гидроцилиндром перекоса, с боковой тягой осуществляется при помощи четырех кронштейнов ТМ10.5219.080 СБ СП.

Технологический процесс производства отвала включает операции нарезки металла, подготовки металла для сварочных работ (зачистка, шлифовка), сварки, покраски деталей и собственно сборку.

Технологическая операция сварки кронштейнов зеркала отвала осуществляется в цехе сварки, причем процесс дуговой сварки с использованием сварочной насадки (сопло модели «ОТС–31») осуществляется на роботизированном комплексе (РК) FANUC M–10iA/8L.

Система автоматизации РК включает в себя систему управления движением сварочной насадки. Управляющим устройством этой системы управления является контроллер R30iB. В контроллер R–30iB встроен высокопроизводительный программируемый контроллер станка (ПКС) серии iPendant, который обеспечивает доступ ко всей системе ввода-вывода робота, а также простое отдельное или асинхронное управление периферийными устройствами.

Возможны следующие методы составления и ввода программы (применительно к управлению манипулятором робота):

– аналитическое программирование путем расчета программы и последующего ввода ее в запоминающее устройство;

						270304.2020.382 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			62

– программирование методом обучения с одновременным вводом программы путем однократного (образцового) выполнения операции в режиме ручного управления роботом с помощью пульта;

– программирование методом обучения, но путем механического перемещения манипулятора рукой человека-оператора.

Для автоматизации процесса сварки кронштейнов зеркала отвала на работе FANUC M–10iA/8L требуется выполнить аналитическое программирование контроллера R30iB с использованием специализированного ПО ROBOGUIDE. Данное ПО – программный пакет, который моделирует как движение робота, так и команды приложения, значительно сокращая время, требуемое для создания новых траекторий движения.

По результатам изучения технологических карт кронштейнов TM10.5219.080 и TM10.5219.020 определены используемые виды сварочных швов (тавровые швы с использованием катета в 10, 6 и 15 мм соответственно и угловой шов по незамкнутому контуру в 6 мм). Также определены места сварочных прихваток, выполняемых в основании детали или для закреплённых прижимами частей. Так, из технологического чертежа детали TM10.5219.080 СБ «Кронштейн» определено, что сварочные прихватки следует выполнять для основания (позиция 1) с «ухом» (позиция 4) и «ребрами» (позиция 2) при длине прихваток порядка 5 мм. Протяженность соединения основания с (позицией 4) и (позицией 2) небольшая, поэтому следует делать прихватки размером 5 мм. На основании выше изложенного разработаны программные траектории движения сварочной головки робота-манипулятора для кронштейнов TM10.5219.080 и TM10.5219.020.

Программные траектории движения сварочной головки робота-манипулятора для кронштейнов TM10.5219.080 и TM10.5219.020 реализованы в пакете моделирования Roboguide и набор модулей его программных расширений. В данной среде моделирования созданы модели роботизированных комплексов на базе роботов FANUC и разработаны алгоритмы со-

вместного управления позиционером и движением сварочного робота манипулятора для сваривания деталей ТМ.10.5219.080 СБ «Кронштейн», ТМ.10.5219.020 СБ «Кронштейн».

Для применения на производстве разработанного комплекса программ необходимы их корректировки и отладки на реальном роботе с реальными деталями. Данные действия выполняются, чтобы учесть небольшие расхождения в размерах деталей в сравнение с конструкторской документацией, опыт оператора по установке деталей на кондукторе.

					<i>270304.2020.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Асфаль, Р. Роботы и автоматизация производства/Пер. с англ. М. Ю. Евстегнеева и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 448 с.
- 2 Тракторный завод «ДСТ-Урал» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tm10.ru/> – (дата обращения 13.03.2020).
- 3 Большаков, О.А. Применение технологии автоматного программирования для задач логического управления на ПЛК / О.А. Большаков, А.В. Рыбаков, – 2013 год, С 71–75.
- 4 Поликарпова, Н.И. Автоматное программирование / Н.И. Поликарпова, А.А Шалыто, – 2-е изд. – СПб: Питер, 2011, – 176 с.
- 5 Новиковский, Е.А. Ручная электродуговая и газовая сварка металлов / Е.А. Новиковский. – Б.: АлтГТУ, 2013 г. – 106 с.
- 6 Калиниченко, Н.П. Атлас дефектов сварных соединений и основного металла / Н.П. Калиниченко, - Т.: ТПУ, 2011 г. – 71 с.
- 7 Гладков, Э.А. Автоматизация сварочных процессов / Э.А. Гладков, В.Н. Бродягин, Р.А. Перковский, - М.: МГТУ, 2014 г. - 422 с.
- 8 «FANUC» | Лидер в области автоматизации производства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fanuc.eu/ru/ru> – (дата обращения 16.04.2020).
- 9 «FANUC» | Лидер в области автоматизации производства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fanuc.eu/ru/ru> - (дата обращения 16.04.2020).
- 10 ТМ10 ГСТ 10 – «ДСТ-Урал» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://old.tm10.ru/catalogue/tm10gst10/> - (дата обращения 17.04.2020).
- 11 Габдрашитов, К. У. Руководство к эксплуатации / К. У. Габдрашитов, Ч.: ДСТ-Урал, - 300 с.
- 12 Раннее, А.В. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин / А.В.Раннев, М.Д.Полосин. – М.: Изд. центр «Академия», 2011 г. – 143 с.

					270304.2020.382 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		65

- 13 Ронинсон, Э.Г. Устройство дорожно-строительных машин / Э.Г.Ронинсон, М.Д.Полосин. – М.: Изд. центр «Академия», 2009 г. – 120 с.
- 14 Забегалов, Г.В. Бульдозеры, скреперы, грейдеры / В.В.Забегалов, Э. Г. Ронинсон. – М.: Высш. шк., 2007 г. – 146 с.
- 15 Чернега, В.И. Краткий справочник по грузоподъёмным машинам / В.И. Чернега. – М.: Машинострой, 2008 г. – 233 с.
- 16 Косолапов, В.Г. Свайные работы / В.Г. Косолапов. – М.: Стройтех, 2014 г. – 67 с.
- 17 Федосов, Е.А. Машиностроение. Энциклопедия. Т.1-4. Автоматическое управление / Е.А. Федосов. – М.: Машиностроение, 2010 г. – 123 с.
- 18 Промышленные роботы FANUC [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fanuc.eu/ru/ru/%D1%80%D0%BE%D0%BE%D1%82%D1%8B> - (дата обращения 24.05.2020).
- 19 Накано, Э. Введение в робототехнику / Э. Накано . – М.: Мир, 2008 г. – 150 с.
- 20 Желоб, А.А. Технология автоматизированного производства / А.А. Жолобов. – М.: ДизайнПРО, 2016 г. – 200 с.
- 21 Козырев, Ю.Г. Промышленные роботы / Ю.Г. Козырев. – М.: Машиностроение, 2016 г. – 288 с.
- 22 ТМ10 ГСТ 10 – «ДСТ-Урал» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://old.tm10.ru/catalogue/tm10gst10/> - (дата обращения 17.04.2020).
- 23 Габдрашитов, Руководство к эксплуатации / Габдрашитов, Ч.: ДСТ-Урал, – 300 с.
- 24 Промышленные роботы FANUC [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fanuc.eu/ru/ru/%D1%80%D0%BE%D0%BE%D1%82%D1%8B> – (дата обращения 18.04.2020).
- 25 Федосов, Е.А. Основы технологии сварки / С.А. Федосов. – М.: Машиностроение, 2011 г. – 224 с.

26 Калиниченко, Н.П. Атлас дефектов сварных соединений и основного металла / Н.П. Калиниченко, – Т.: ТПУ, 2011 г. – 71 с.

27 Русинов, А.В Землеройно-транспортные машины / Часть 1. Бульдозеры и рыхлители / А.В. Русинов, - С.: СГАУ, 2004 г. - 22 с.

28 Бербюк, В. Е. Динамика и оптимизация робототехнических систем / В.Е. Бербюк. – М.: Наукова думка, 2014. – 192 с.

29 Бройнль, Томас Встраиваемые робототехнические системы. Проектирование и применение мобильных роботов со встроенными системами управления / Томас Бройнль. – М.: РГГУ, 2012. – 520 с.

30 Каляев, И. А. Однородные нейроподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук. – М.: Янус-К, 2015. – 280 с.

31 Куафе, Ф. Взаимодействие робота с внешней средой / Ф. Куафе. – М.: ИЛ, 2009. – 465 с.

32 Тимофеев, А. В. Роботы и искусственный интеллект / А.В. Тимофеев. – М.: Наука, 2005. – 192 с.

33 Гладков, Э.А. Автоматизация сварочных процессов / Э.А. Гладков, В.Н. Бродягин, Р.А. Перковский, – М.: МГТУ, 2014 г. - 422 с.

34 Timmons-Brown, M. Learn Robotics with Raspberry Pi: Build and Code Your Own Moving, Sensing, Thinking Robots / M. Timmons-Brown. Т.: No Starch Press, 2018 y. – 256 p.

35 Bhaumik, A. From AI to Robotics. Mobile, Social, and Sentient Robots / A. Bhaumik. М.: CRC Press, 2018 y. – 430 p.

36 Lentin, J. Mastering ROS for Robotics Programming: Design, build, and simulate complex robots using the Robot Operating System, Second Edition / J. Lentin. М.: Packt, 2018 y. – 280 p.

37 Wildried, L. Robotics in Education: Methods and Applications for Teaching and Learning / L. Wilfried. I.: Springer, 2018 y. – 289 p.

38 Koubaa, A. Robot Operating System (ROS): The Complete Reference (Volume 3) / A. Koubaa. М.: Springer, 2018 у. – 604 р.

39 Куркин С.А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций / С.А. Куркин. – М.: Машиностроение, 2009 г. – 220 с.

40 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов. М.: 2007 г. – 149 с.

41 Думов, С.И. Технология электрической сварки плавлением / С.И. Думов, М.: Машиностроение, 2007 г. – 111 с.

42 Курс Advanced Programming Fanuc / Technical Department, FANUC Russian. – 72 с.

43 Coordinated motion. Dynamic UFRAME / Technical Department, FANUC American. – 205 с.

44 Ключев, А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А.С. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 2012 г. – 311 с.

45 Хлытычев, С.М. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов / С.М. Хлытычев. – М.: Энергоатомиздат, 2014 г. – 100 с.

46 Ключев, А.С. Настройка средств автоматизации и автоматических систем регулирования / А.С. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 2016 г. – 389 с.

47 Шаумян, Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов / Г.А. Шаумян. – М.: Машиностроение, 2008 г. – 137 с.

48 Ключев, В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов / В.И. Ключев. – М.: Энергия, 2007 г. – 584 с.

49 Промышленные роботы FANUC. Серия М - 10 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fanuc.eu/ru/ru/%d1%80%d0%be%d0%b1%d0%be%d1%82%d1%8b/%d1%81%d1%82%d1%80%d0%b0%d0%bd%d0%b8%d1%86%d0%b0%d1%84%d0%b8%d0%bb%d1%8c%d1%82%d1%80%d0%b0%d1%80%d0%be%d0%b1%d0%be%d1%82%d0%be%d0%b2/%d1%81%d0%b5%d1%80%d0%b8%d1%8f-m-10> - (дата обращения 18.04.2020).

50 Тывес, Л. И. Механизмы робототехники. Концепция развязок в кинематике, динамике и планировании движений / Л.И. Тывес. – М.: Ленанд, 2014. –208 с.

51 ROBOGUIDE V6.4, руководство / ООО ФАНУК Роботикс Россия. – 93 с.

52 Корсункий, В. А. Выбор критериев и классификация мобильных робототехнических систем на колесном и гусеничном ходу. Учебное пособие / В.А. Корсункий, К.Ю. Машков, В.Н. Наумов. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 862 с

53 Кашин, С. Сварочные работы. Практический справочник / С. Кашин. – М.: Экстраст Трейдинг, 2015 г. – 101 с.

54 Моисеенко, В.П. Материалы и их поведение при сварке / В.П. Моисеенко. – М.: Феникс, 2009 г. – 78 с.

55 Квагинидзе, В.С. Технология металлов и сварка / В.С. Квагинидзе. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2008 г. – 156 с.

56 Дедюх, Р.И. Теория сварочных процессов / Р.И. Дедюх. М.: Издательство ТПУ, 2012 г. – 219 с.

57 Завязкин, О.В. Сварочные работы / О.В. Завязкин. М.: ФЛ-П Стеценко, 2011 г. – 99 с.

58 Жизняков, С.Н. Сварка и резка в строительстве / С.Н. Жизняков. М.: Стройиздат, 2017 г. – 182 с.

59 Серенко, А.Н. Расчет сварных соединений и конструкций / А.Н. Серенко, М.: Высшая школа, 2007 г. – 117 с.

60 Васильев, В.И. Введение в основы сварки / В.И. Васильев. М.: ТПУ, 2011 г. – 66 с.

61 FANUC Robot series. R - 30iB, R - 30iB Mate, R - 30iB Pluse. Arc Welding Function. Operator`s Manual / Technical Department, FANUC American. – 350 с.

62 Madden, A. How It Works Book of Robots 5th Edition / A. Madden. – M.: Future Publishing, 2020 y. – 132 p.

63 Alberto, J. Advanced Robotic Vehicles Programming: An Ardupilot and Pixhawk Approach / J. Alberto. – M.: Apress, 2020 y. – 452 p.

64 Rohou, S. Reliable Robot Localization: A Constraint-Programming Approach Over Dynamical Systems / S. Rohou. – W.: ISTE, 2020 y. – 267 p.

65 Лентит, Д. Изучение робототехники с использованием Python / Д. Лентит. – 2019 г. – 250 с.

66 Davis, C. Electromechanical Systems / C. Davis. – I.: Independently published, 2018 y. – 136 p.

67 Mathew, Er. Beginners Kit Arduino DFRobot. Basics Tutorial / Er. Mathew. – M.: Amazon Digital Services LLC, 2019 y. – 142 p.

68 Шмид, Д. Управляющие системы и автоматика / Д. Шмид. – М.: Техносфера, 2007 г. – 580 с.

69 Lentin, J. Learning Robotics using Python, Second Edition (+code) / J. Lentin. – M.: Packt, 2018 y. – 280 p.

70 Lentin, J. Robot Operating System for Absolute Beginners: Robotics Programming Made Easy / J. Lentin. – M.: Apress, 2018 y. – 293 p.

71 Karabegovic, I. New Technologies, Development and Application / I. Karabegovic. – M.: Springer, 2018 y. – 622 p.

72 Watkiss, S. Design and Build A Raspberry Pi Robot / S. Watkiss. - Amazon Digital Services LLC, 2018 y. – 77 p.

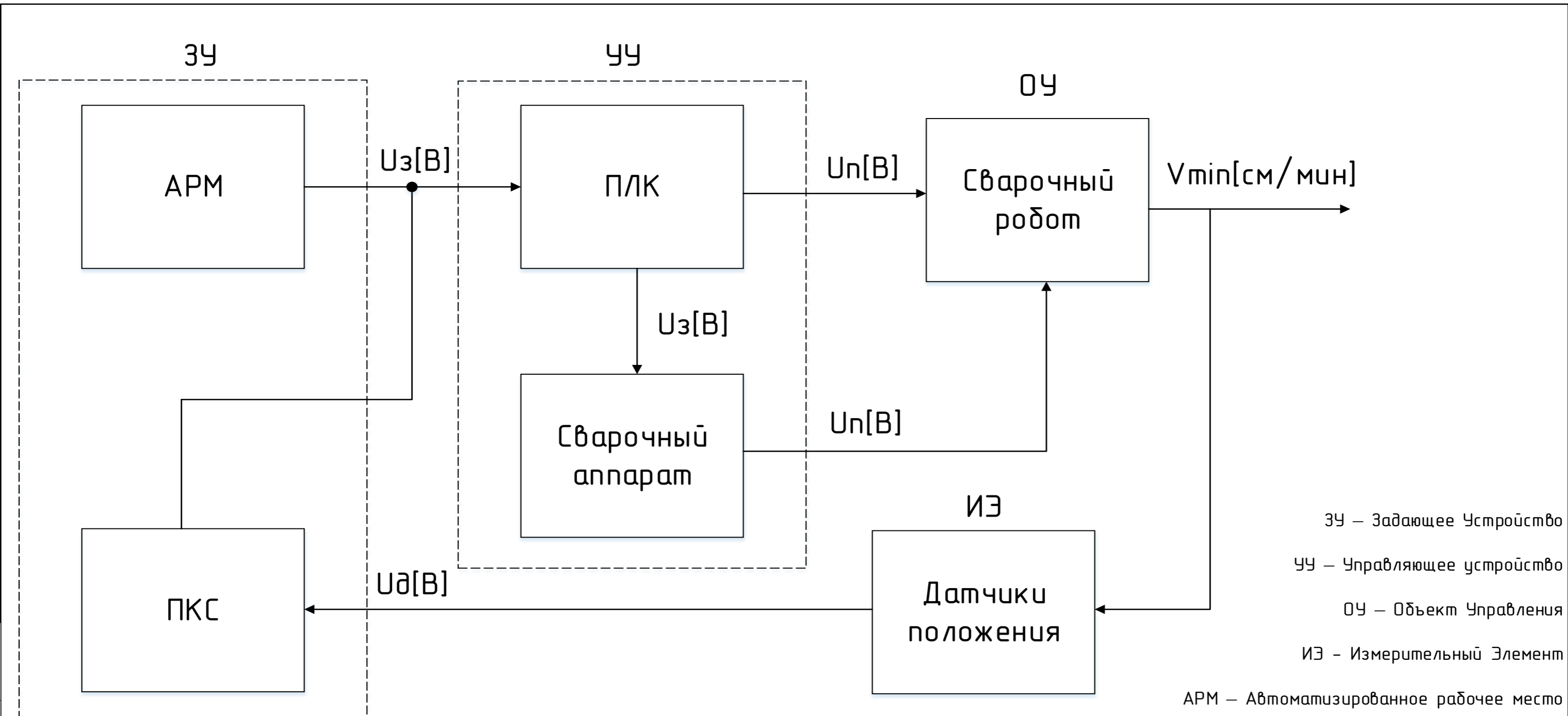
73 Cicolani, J. Beginning Robotics with Raspberry Pi and Arduino: Using Python and OpenCV / J. Cicolani. – M.: Apress, 2018 y. – 372 p.

74 Юревич, Е.И. Управление роботами и робототехническими системами / Е.И. Юревич, – СПб., 2000. – 170 с.

					<i>270304.2020.382 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>70</i>

ПРИЛОЖЕНИЯ
ПРИЛОЖЕНИЕ А
Схемы и чертежи

					270304.2020.382 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		71

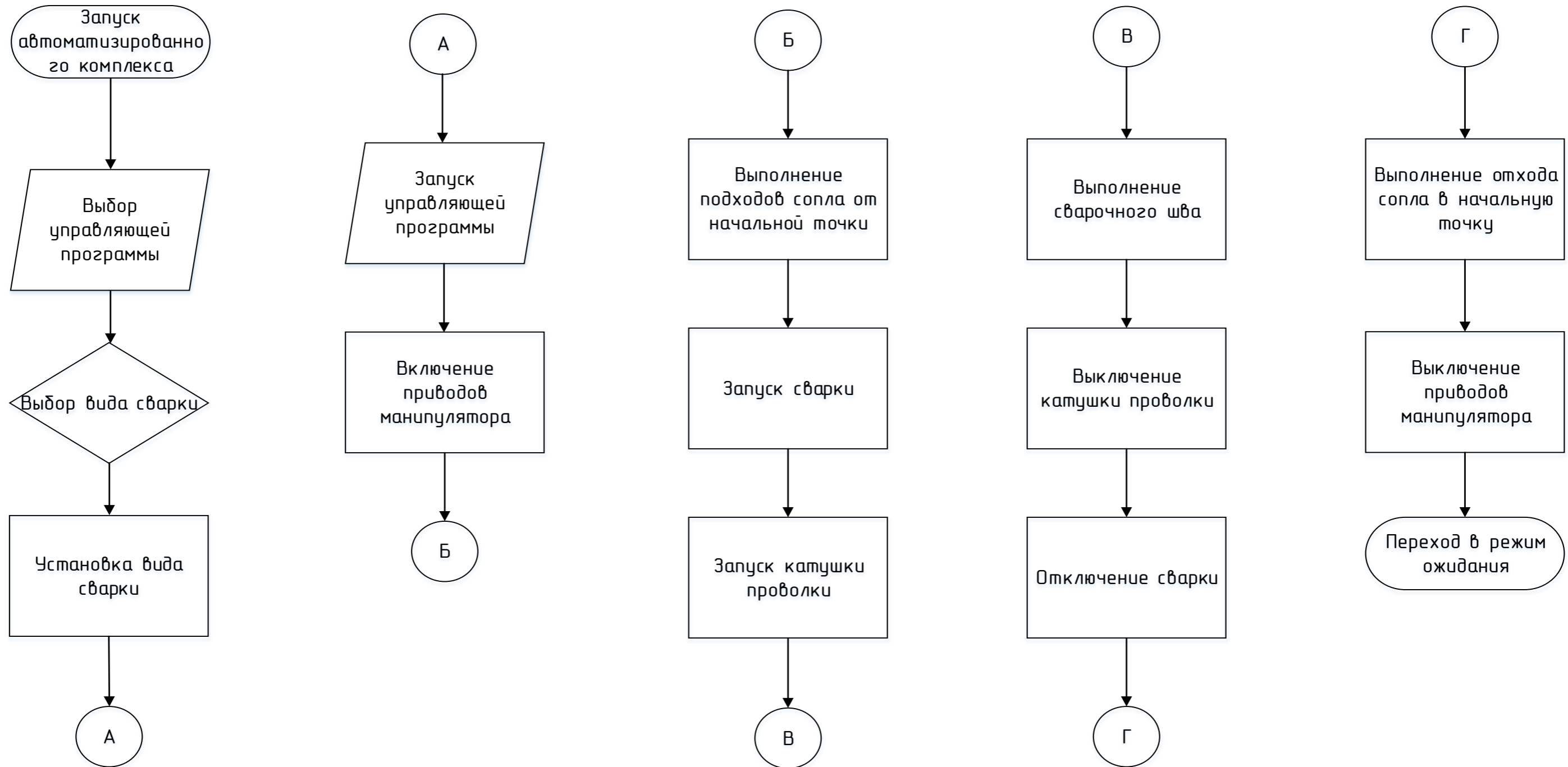


ЗУ – Заданное Устройство
 ЧУ – Управляющее устройство
 ОУ – Объект Управления
 ИЗ – Измерительный Элемент

АРМ – Автоматизированное рабочее место
 ПКС – Программируемый контроллер станка
 ПЛК – Программируемый логический контроллер

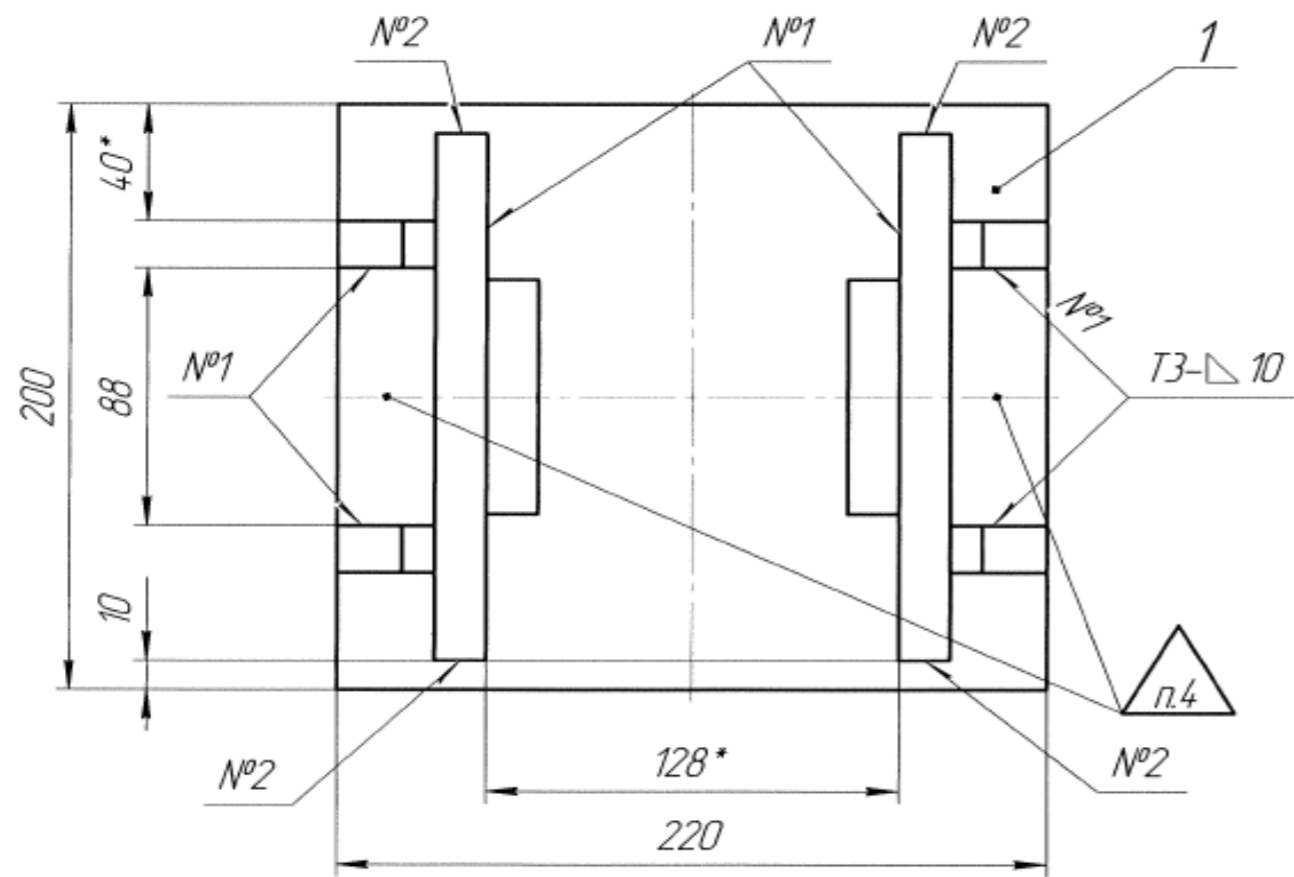
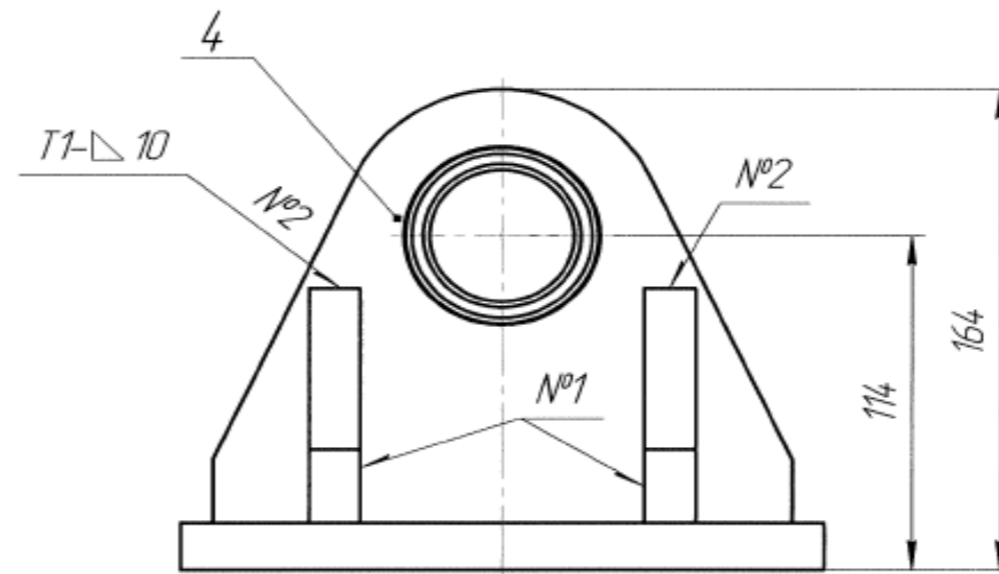
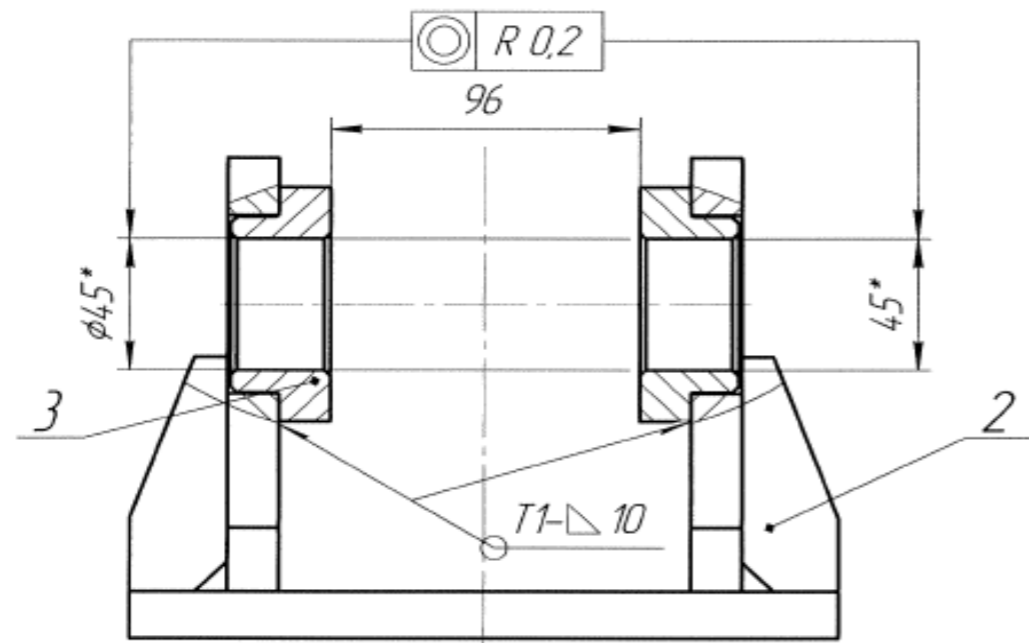
Подп. И дата
 Инв. А дубл.
 Взам. инв. А
 Подп. и дата
 Инв. А подл.

					270304.2020.382.01 С2			
Изм.	Лист	А док.	Подп.	Дата	Автоматизация процесса сварки кронштейнов зеркала отвала машины ТМ10 ГСТ12 на роботе FANUC	Лит.	Масса	Масштаб
		Каркачев						
		Павловская				Лист	1	Листов
		Бардасова			Автоматизированная подача проволоки	ФГАОУ ВО «ЮрГУ (НИУ)» Кафедра АиУ		
		Казаринов						



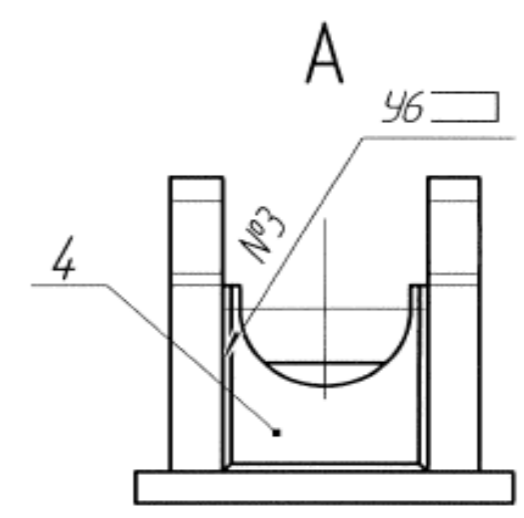
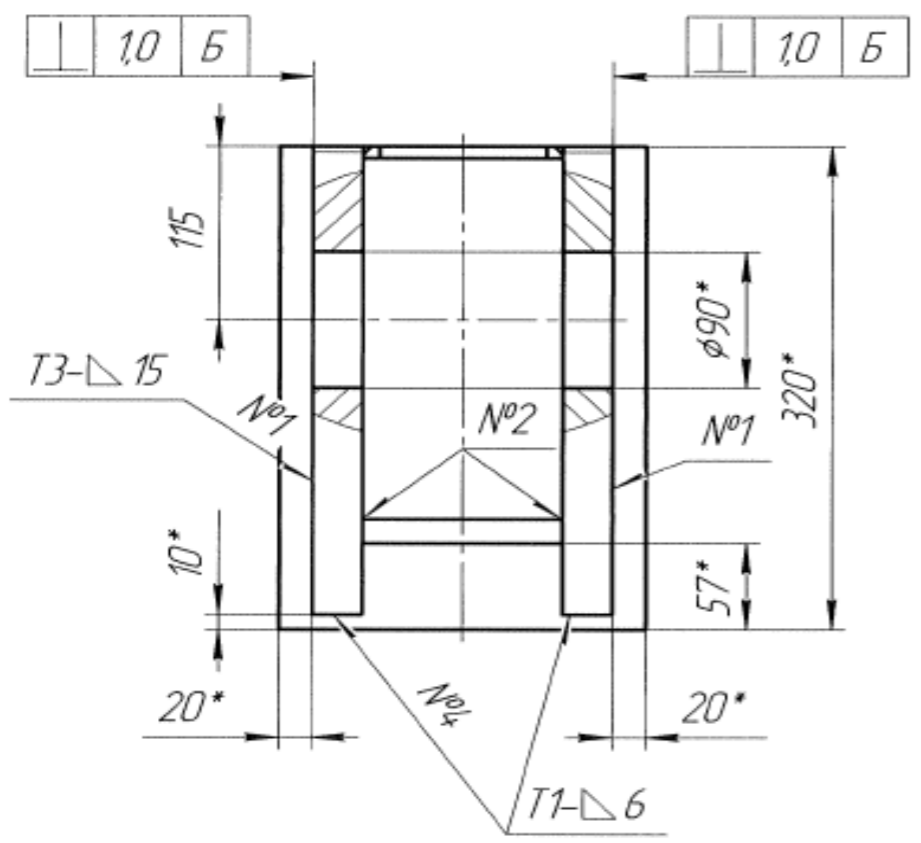
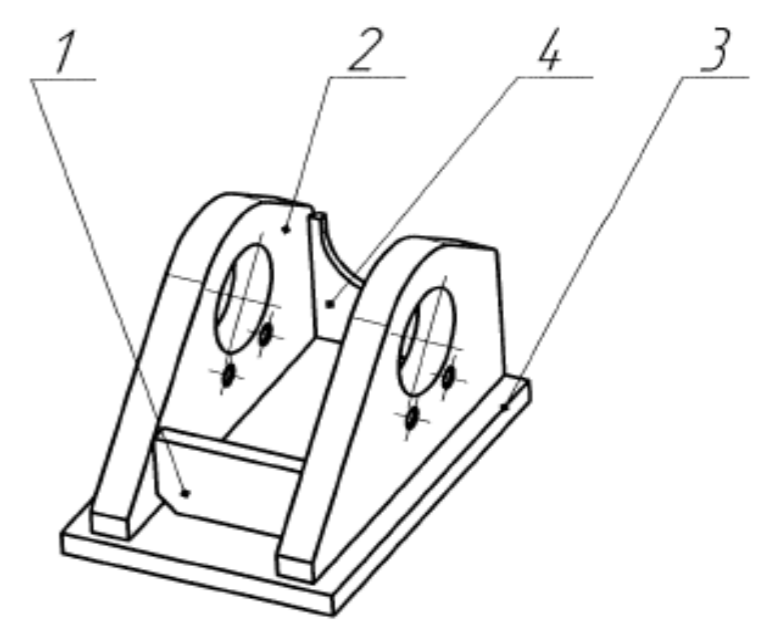
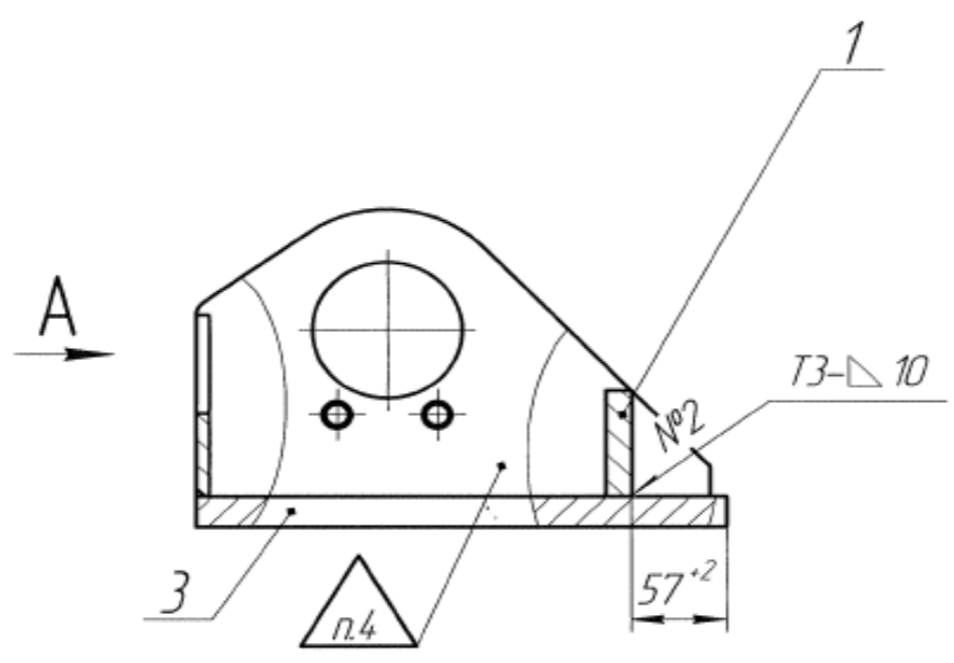
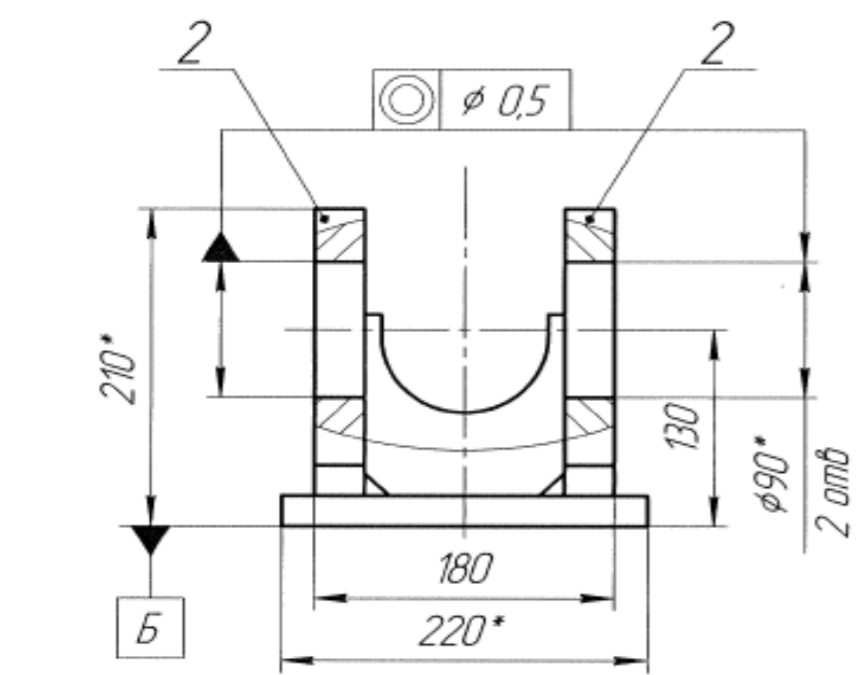
Подп. И дата
Инв. А дудл.
Взам. инв. А
Подп. и дата
Инв. А подл.

					270304.2020.382.01 Д22			
Изм.	Лист	А док.	Подп.	Дата	Автоматизация процесса сварки кронштейнов зеркала отвала машины TM10 ГСТ12 на роботе FANUC	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Каркачев						
Пров.		Павловская						
						Лист 1	Листов 1	
Н. контр.		Барбасова			Выполнение автоматизированной сварки	ФГАОУ ВО «ЮрГУ (НИУ)» Кафедра АиУ		
Утверд.		Казаринов						



					270304.2020.382.01 СБ			
Изм.	Лист	А док.	Подп.	Дата	ТМ10.5219.080 Кронштейн	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Каркачев							1:5
Пров.	Павловская				Лист 1		Листов 1	
Н. контр.	Бардасова				ФГАОУ ВО «ЮрГУ (НИУ)» Кафедра АиУ			
Утверд.	Казаринов							

Подп. и дата
Инв. А
Взам инв. А
Подп. и дата
Инв. А подл.



Подп. и дата
Изм. А д.д.д.
Изм. А д.д.д.
Изм. А д.д.д.

					270304.2020.382.02 СБ			
Изм.	Лист	А док.	Подп.	Дата	ТМ10.5219.020 Кронштейн	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Каркачев						1:5
Пров.		Павловская				Лист	1	Листов
И. контр.		Бардасова			ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Кафедра АиУ			
Утверд.		Казаринов						

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Листинг программы для оборудования ТМ10.5219.010 «Зеркало»

Листинг Б.1 – Программа для сваривания детали ТМ10.5219.080
«Кронштейн»

```
1: UTOOL_NUM=1 ;
2: UFRAME_NUM=1 ;
3: PAYLOAD[1] ;
4: OVERRIDE=100% ;
5: ;
6:J P[1:home] 50% FINE ;
7:L P[122] 5000cm/min FINE ;
8:L P[3] 5000cm/min FINE
 : Weld Start[1,1] ;
9:L P[4] 18cm/min FINE
 : Weld End[1,1] ;
10:L P[122] 5000cm/min CNT10 ;
11:L P[5] 5000cm/min FINE
 : Weld Start[1,1] ;
12:L P[6] 18cm/min FINE
 : Weld End[1,1] ;
13:L P[122] 5000cm/min CNT10 ;
14:L P[7] 5000cm/min FINE
 : Weld Start[1,1] ;
15:L P[8] 18cm/min FINE
 : Weld End[1,1] ;
16:L P[122] 5000cm/min CNT10 ;
17:J P[12] 50% FINE ;
18:L P[10] 5000cm/min FINE
 : Weld Start[1,1] ;
19:L P[11] 18cm/min FINE
 : Weld End[1,1] ;
20:L P[12] 5000cm/min FINE ;
21:L P[14] 5000cm/min FINE
 : Weld Start[1,1] ;
22:L P[15] 18cm/min FINE
 : Weld End[1,1] ;
23:L P[13] 5000cm/min FINE ;
24:L P[16] 5000cm/min FINE
 : Weld Start[1,1] ;
25:L P[17] 18cm/min FINE
 : Weld End[1,1] ;
26:L P[18] 5000cm/min FINE ;
27:L P[20] 5000cm/min FINE
 : Weld Start[1,1] ;
28:L P[21] 18cm/min FINE
 : Weld End[1,1] ;
29:L P[19] 5000cm/min CNT10 ;
```

									Лист
									76
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					

270304.2020.382 ПЗ

Продолжение листинга Б.1:

```

30:L P[23] 5000cm/min FINE
   : Weld Start[1,1] ;
31:L P[24] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,1] ;
32:L P[9] 5000cm/min FINE ;
33:L P[26] 5000cm/min FINE
   : Weld Start[1,1] ;
34:L P[27] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,1] ;
35:L P[25] 5000cm/min CNT10 ;
36:J P[101] 50% FINE ;
37:L P[30] 5000cm/min FINE
   : Weld Start[1,1] ;
38:L P[31] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,1] ;
39:L P[29] 5000cm/min CNT10 ;
40:L P[33] 5000cm/min FINE
   : Weld Start[1,1] ;
41:L P[34] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,1] ;
42:L P[32] 5000cm/min CNT10 ;
43:L P[36] 5000cm/min FINE
   : Weld Start[1,1] ;
44:L P[37] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,1] ;
45:L P[35] 5000cm/min FINE ;
46:J P[38] 50% FINE ;
47:L P[39] 5000cm/min FINE
   : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
48: ;
49: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
50: Track TAST[1] ;
51: ;
52:C P[40]
   : P[41] 18cm/min CNT10 COORD ;
53:C P[42]
   : P[43] 18cm/min FINE COORD
   : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
54: Weave End ;
55: Track End ;
56:L P[121] 5000cm/min CNT10 ;
57:J P[2] 50% FINE ;
58:L P[45] 5000cm/min FINE
   : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
59: ;
60: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
61: Track TAST[1] ;

```

											Лист
											77
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	270304.2020.382 ПЗ						

Продолжение листинга Б.1:

```

62: ;
63:L P[46] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
64: ;
65: Weave End ;
66: Track End ;
67: ;
68:L P[2] 5000cm/min CNT10 ;
69:L P[58] 5000cm/min CNT10 ;
70:L P[124] 5000cm/min FINE ;
71:L P[125] 5000cm/min FINE
   : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
72: ;
73: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
74: Track TAST[1] ;
75: ;
76:L P[126] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
77: ;
78: Weave End ;
79: Track End ;
80: ;
81:L P[127] 5000cm/min CNT10 ;
82:J P[136] 100% FINE ;
83:L P[128] 5000cm/min FINE ;
84: ;
85:L P[129] 5000cm/min FINE
   : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
86: ;
87: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
88: Track TAST[1] ;
89: ;
90:L P[130] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
91: ;
92: Weave End ;
93: Track End ;
94: ;
95: ;
96:J P[132] 50% FINE ;
97: ;
98:J P[161] 100% FINE ;
99:J P[149] 100% FINE ;
100:L P[47] 5000cm/min FINE
     : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
101: ;
102: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;

```

Продолжение листинга Б.1:

```

103: Track TAST[1] ;
104: ;
105:L P[48] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
106: ;
107: Weave End ;
108: Track End ;
109: ;
110: ;
111:L P[149] 5000cm/min CNT10 ;
112:J P[161] 100% FINE ;
113:L P[53] 5000cm/min CNT10 ;
114:L P[54] 5000cm/min FINE ;
115:L P[154] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
116: ;
117: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
118: Track TAST[1] ;
119: ;
120:L P[155] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
121: ;
122: Weave End ;
123: Track End ;
124: ;
125:L P[49] 5000cm/min CNT10 ;
126:L P[54] 5000cm/min CNT10 ;
127:J P[165] 100% FINE ;
128:J P[166] 100% FINE ;
129:L P[162] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
130: ;
131: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
132: Track TAST[1] ;
133: ;
134:L P[163] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
135: ;
136: Weave End ;
137: Track End ;
138: ;
139:L P[164] 5000cm/min CNT10 ;
140:J P[166] 100% FINE ;
141:J P[165] 100% FINE ;
142:J P[156] 100% FINE ;
143:L P[158] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;

```

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

270304.2020.382 ПЗ

Лист

79

Продолжение листинга Б.1:

```

144: ;
145: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
146: Track TAST[1] ;
147: ;
148:L P[159] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
149: ;
150: Weave End ;
151: Track End ;
152: ;
153:L P[160] 5000cm/min FINE ;
154: ;
155:J P[107] 50% FINE ;
156: ;
157:L P[22] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
158: ;
159: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
160: Track TAST[1] ;
161: ;
162:L P[28] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
163: ;
164: Weave End ;
165: Track End ;
166: ;
167:L P[51] 100mm/sec CNT10 ;
168: ;
169:L P[81] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
170: ;
171: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
172: Track TAST[1] ;
173: ;
174:L P[82] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
175: ;
176: Weave End ;
177: Track End ;
178: ;
179:L P[80] 5000cm/min FINE ;
180:J P[56] 50% FINE ;
181:J P[57] 50% FINE ;
182:L P[62] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
183: ;
184: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;

```

Продолжение листинга Б.1:

```

185: Track TAST[1] ;
186: ;
187:L P[63] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
188: ;
189: Weave End ;
190: Track End ;
191: ;
192:L P[64] 5000cm/min CNT10 ;
193:L P[44] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
194: ;
195: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
196: Track TAST[1] ;
197: ;
198:L P[50] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
199: ;
200: Weave End ;
201: Track End ;
202: ;
203:J P[67] 100% FINE ;
204:J P[68] 100% FINE ;
205: ;
206:L P[69] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
207: ;
208: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
209: Track TAST[1] ;
210: ;
211:L P[70] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
212: ;
213: Weave End ;
214: Track End ;
215: ;
216:L P[71] 5000cm/min CNT10 ;
217:L P[72] 5000cm/min CNT10 ;
218:L P[73] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
219: ;
220: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
221: Track TAST[1] ;
222: ;
223:L P[74] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
224: ;

```

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

270304.2020.382 ПЗ

Лист

81

Продолжение листинга Б.1:

```

225: Weave End ;
226: Track End ;
227: ;
228:L P[75] 5000cm/min CNT10 ;
229:J P[76] 50% FINE ;
230:L P[77] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
231: ;
232: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
233: Track TAST[1] ;
234: ;
235:L P[78] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
236: ;
237: Weave End ;
238: Track End ;
239: ;
240:L P[79] 5000cm/min CNT10 ;
241:L P[169] 100mm/sec FINE ;
242:L P[157] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
243: ;
244: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
245: Track TAST[1] ;
246: ;
247:L P[167] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
248: ;
249: Weave End ;
250: Track End ;
251: ;
252:L P[168] 5000cm/min CNT10 ;
253: ;
254:J P[102] 50% FINE ;
255: ;
256:L P[103] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
257: ;
258: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
259: Track TAST[1] ;
260: ;
261:L P[104] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
262: ;
263: Weave End ;
264: Track End ;
265:L P[105] 5000cm/min CNT10 ;
    
```

Окончание листинга Б.1

```
266:J P[106] 50% FINE ;
267:L P[108] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
268: ;
269: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
270: Track TAST[1] ;
271: ;
272:L P[109] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
273: ;
274: Weave End ;
275: Track End ;
276:L P[110] 5000cm/min CNT10 ;
277:L P[97] 5000cm/min FINE ;
278:J P[112] 50% FINE ;
279: ;
280:L P[113] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
281: ;
282: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
283: Track TAST[1] ;
284: ;
285:L P[114] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
286: ;
287: Weave End ;
288: Track End ;
289:L P[115] 5000cm/min CNT10 ;
290:J P[117] 50% FINE ;
291: ;
292:L P[118] 5000cm/min FINE
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
293: ;
294: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
295: Track TAST[1] ;
296: ;
297:L P[119] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
298: ;
299: Weave End ;
300: Track End ;
301: ;
302:L P[120] 5000cm/min CNT10 ;
303:J P[116] 50% FINE ;
304:J P[1:home] 50% FINE ;
```

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

270304.2020.382 ПЗ

Лист

83

Листинг Б.2 – Программа для сваривания детали ТМ10.5219.020

«Кронштейн»

```

1: UTOOL_NUM=1 ;
2: UFRAME_NUM=2 ;
3: PAYLOAD[1] ;
4: OVERRIDE=100% ;
5: ;
6:J P[1:home] 50% FINE ;
7:L P[5] 5000cm/min CNT10 ;
8:L P[3] 5000cm/min CNT10
  : Weld Start[1,1] ;
9:L P[4] 18cm/min FINE
  : Weld End[1,1] ;
10:L P[5] 5000cm/min CNT10 ;
11:L P[2] 5000cm/min CNT10 ;
12:L P[7] 5000cm/min CNT10
  : Weld Start[1,1] ;
13:L P[8] 18cm/min FINE
  : Weld End[1,1] ;
14:L P[2] 5000cm/min CNT10 ;
15:J P[6] 50% FINE ;
16:L P[10] 5000cm/min CNT10
  : Weld Start[1,1] ;
17:L P[11] 18cm/min FINE
  : Weld End[1,1] ;
18:L P[52] 5000cm/min CNT10 ;
19:L P[12] 5000cm/min CNT10
  : Weld Start[1,1] ;
20:L P[13] 18cm/min FINE
  : Weld End[1,1] ;
21:L P[6] 5000cm/min CNT10 ;
22:J P[14] 50% FINE ;
23:L P[17] 5000cm/min CNT10
  : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
24: ;
25: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
26: Track TAST[1] ;
27: ;
28:L P[9] 18cm/min FINE
  : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
29: ;
30: Weave End ;
31: Track End ;
32: ;
33:L P[14] 5000cm/min CNT10 ;
34:J P[15] 50% FINE ;
35:L P[18] 5000cm/min CNT10

```

Продолжение листинга Б.2

```

: Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
36: ;
37: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
38: Track TAST[1] ;
39: ;
40:L P[16] 18cm/min FINE
: Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
41: ;
42: Weave End ;
43: Track End ;
44: ;
45:L P[15] 5000cm/min CNT10 ;
46:J P[56] 100% FINE ;
47:L P[57] 5000cm/min CNT10
: Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
48: ;
49: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
50: Track TAST[1] ;
51: ;
52:L P[58] 18cm/min FINE
: Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
53: ;
54: Weave End ;
55: Track End ;
56: ;
57:L P[59] 5000cm/min CNT10 ;
58:L P[60] 5000cm/min CNT10
: Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
59: ;
60: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
61: Track TAST[1] ;
62: ;
63:L P[61] 18cm/min FINE
: Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
64: ;
65: Weave End ;
66: Track End ;
67: ;
68:L P[62] 5000cm/min CNT10 ;
69:L P[19] 5000cm/min CNT10 ;
70: ;
71:L P[21] 5000cm/min CNT10
: Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
72: ;
73: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
74: Track TAST[1] ;
75: ;

```

Продолжение листинга Б.2

```

76:L P[20] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
77: ;
78: Weave End ;
79: Track End ;
80: ;
81:L P[19] 5000cm/min CNT10 ;
82:L P[22] 5000cm/min CNT10 ;
83: ;
84:L P[24] 5000cm/min CNT10
   : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
85: ;
86: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
87: Track TAST[1] ;
88: ;
89:L P[23] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
90: ;
91: Weave End ;
92: Track End ;
93: ;
94:L P[22] 5000cm/min CNT10 ;
95:J P[14] 50% FINE ;
96:L P[25] 5000cm/min CNT10 ;
97: ;
98:L P[27] 5000cm/min CNT10
   : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
99: ;
100: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
101: Track TAST[1] ;
102: ;
103:L P[26] 18cm/min FINE
   : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
104: ;
105: Weave End ;
106: Track End ;
107: ;
108:L P[25] 5000cm/min CNT10 ;
109:L P[28] 5000cm/min CNT10 ;
110: ;
111:L P[30] 5000cm/min CNT10
   : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00] ;
112: ;
113: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
114: Track TAST[1] ;
115: ;
116:L P[29] 18cm/min FINE

```

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

270304.2020.382 ПЗ

Лист

86

Продолжение листинга Б.2

```

    : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s] ;
117: ;
118: Weave End ;
119: Track End ;
120: ;
121:L P[28] 5000cm/min CNT10 ;
122:J P[1:home] 50% FINE ;
123: ;
124: WAIT .10(sec) ;
125: ;
126:L P[32] 5000cm/min CNT10 ;
127:L P[31] 5000cm/min CNT10
    : Weld Start[1,1] ;
128:L P[33] 18cm/min FINE
    : Weld End[1,1] ;
129: ;
130:L P[34] 5000cm/min CNT10 ;
131:L P[35] 5000cm/min CNT10
    : Weld Start[1,1] ;
132:L P[36] 18cm/min FINE
    : Weld End[1,1] ;
133:L P[34] 5000cm/min CNT10 ;
134:L P[37] 5000cm/min CNT10
    : Weld Start[1,1] ;
135:L P[38] 18cm/min FINE
    : Weld End[1,1] ;
136:L P[40] 5000cm/min CNT10 ;
137: ;
138:J P[39] 50% FINE ;
139:L P[41] 5000cm/min CNT10
    : Weld Start[1,1] ;
140:L P[42] 18cm/min FINE
    : Weld End[1,1] ;
141:L P[43] 5000cm/min CNT10 ;
142:L P[44] 5000cm/min CNT10
    : Weld Start[1,1] ;
143:L P[45] 18cm/min FINE
    : Weld End[1,1] ;
144:L P[43] 5000cm/min CNT10 ;
145:L P[46] 5000cm/min CNT10
    : Weld Start[1,1] ;
146:L P[47] 18cm/min FINE
    : Weld End[1,1] ;
147:L P[43] 5000cm/min CNT10 ;
148:L P[48] 5000cm/min CNT10 ;
149:J P[49] 50% FINE ;
150:L P[50] 5000cm/min CNT10

```

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

270304.2020.382 ПЗ

Лист

87

Окончание листинга Б.2

```

      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00]      ;
151:      ;
152: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
153: Track TAST[1] ;
154:      ;
155:L P[51] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s]      ;
156:      ;
157: Weave End ;
158: Track End ;
159:      ;
160:L P[49] 5000cm/min CNT10      ;
161:J P[63] 100% FINE      ;
162:L P[64] 5000cm/min CNT10
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00]      ;
163:      ;
164: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
165: Track TAST[1] ;
166:      ;
167:L P[65] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s]      ;
168:      ;
169: Weave End ;
170: Track End ;
171:      ;
172:L P[66] 5000cm/min CNT10      ;
173:L P[67] 5000cm/min CNT10
      : Weld Start[1,285.0Amps,40.00Volts,0.00]      ;
174:      ;
175: Weave Sine[3.0Hz,4.0mm,0.100s,0.100s] ;
176: Track TAST[1] ;
177:      ;
178:L P[68] 18cm/min FINE
      : Weld End[1,150.0Amps,0.00Volts,0.00,1.0s]      ;
179:      ;
180: Weave End ;
181: Track End ;
182:      ;
183:L P[69] 5000cm/min CNT10      ;

```

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

270304.2020.382 ПЗ

Лист

88

Номер	Формат	Обозначение	Наименование	Кол-во листов
			<u>Текстовые документы</u>	
1	A4	270304.2020.382 ТЗ	Техническое задание	3
2	A4	270304.2020.382 ПЗ	Пояснительная записка	66
			<u>Графические документы</u>	
3	A3	270304.2020.382.01 С2	Схема функциональная	1
4	A3	270304.2020.382.01 Д22	Блок-схема	1
5	A3	270304.2020.382.01 СБ	ТМ10.5219.080 Кронштейн	1
6	A3	270304.2020.382.02 СБ	ТМ10.5219.020 Кронштейн	1
			<i>270304.2020.382</i>	
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>А докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Каркачев</i>		
<i>Пров.</i>		<i>Павловская</i>		
<i>Н.контр.</i>		<i>Бардасова.</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Казаринов</i>		
			<i>Автоматизация процесса сварки кронштейнов зеркала отвала машины ТМ10 ГСТ12 на роботе FANUC</i>	
			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>
				<i>Листов</i>
				<i>1 1</i>
			<i>ФГАОУ ВО «ЮрГУ (НИУ)» Кафедра АуУ</i>	